

Αναζητώντας τα χρονοάτομα

Η διαμάχη για το συνεχές και το ασυνεχές

Εισαγωγή

Μέχρι τη δημοσίευση της εργασίας του Άλμπερτ Αϊνστάιν το 1905, με την οποία εξηγούσε το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο ανοίγοντας το δρόμο στην κβαντική επανάσταση, ελάχιστοι επιστήμονες είχαν αμφιβολίες για τη συνεχή της δομής της ύλης. Η έννοια της συνέχειας, από τον Αριστοτέλη ως τον Νεύτωνα, εξαιτίας επιστημονικών-επιστημολογικών, αλλά και κοινωνικών λόγων, αποτελούσε το κυρίαρχο ερμηνευτικό πλαίσιο για τα μαθηματικά και τη φυσική.

Όταν, στα τέλη του 19ου αιώνα, ο Ludwig Boltzmann ερμήνευσε τους νόμους της θερμοδυναμικής χρησιμοποιώντας το εννοιολογικό οπλοστάσιο της ατομικής θεωρίας, το γερμανικό πανεπιστημιακό κατεστημένο, στο οποίο κυριαρχούσε ο νεοθετικισμός, τον απέρριψε εντελώς. Ο Boltzmann, παραγκωνισμένος και απομονωμένος και σε άσχημη ψυχολογική κατάσταση, οδηγήθηκε στην αυτοκτονία το 1906, πριν από 100 χρόνια.

Σήμερα, βέβαια, κανείς δεν αμφιβάλλει για την ύπαρξη των ατόμων. Η είσοδος στην κβαντική εποχή, στις αρχές του 20ού αιώνα, ανέδειξε την ασυνέχεια σε βασική κατηγορία της φυσικής. Όχι μόνο η ύλη έχει ασυνεχή, ατομική δομή, αλλά και η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (π.χ. το φως) εκπέμπεται και απορροφάται κατά ασυνεχή τρόπο. Η ασυνέχεια επεκτείνεται σε πλήθος φαινόμενα, διαδικασίες και φυσικά μεγέθη του μικρόκοσμου. Η αντίληψη της ασυνέχειας και της μη γραμμικότητας επεκτείνεται σήμερα σε επιστήμες πέραν της φυσικής. Στην ιστορία, λόγου χάριν, η μη γραμμική αντίληψη αντιπαράτίθεται στην αντίληψη της συνεχούς και βαθμιαίας, γραμμικής εξέλιξης. Αλλά και στα μαθηματικά υπάρχουν απόπειρες θεμελίωσης στη βάση της ασυνέχειας.

Όμως, το υπόβαθρο όλων των φυσικών διεργασιών, ο χώρος και ο χρόνος, εξακολουθούν να θεωρούνται το συνεχές πλαίσιο στη βάση του οποίου εκτυλίσσονται

οι κινήσεις και οι διεργασίες τόσο του μακρόκοσμου όσο και του μικρόκοσμου. Οι δυο μεγάλες επιστημονικές επαναστάσεις του 20ού αιώνα, η σχετικότητα και η κβαντομηχανική, κατά βάση αντιμετωπίζουν το χωρόχρονο ως το συνεχές πλαίσιο μέσα στο οποίο συντελούνται οι κινήσεις και γενικότερα οι μεταβολές, ποσοτικές και ποιοτικές, των σωμάτων – αν και για την πρώτη ο χωρόχρονος είναι δυναμικά συνδεδεμένος με τα κινούμενα σώματα (ύλη).

Ωστόσο, οι αντιλήψεις για τη συνεχή φύση του χώρου και του χρόνου συναντούν αμφισβητήσεις. Από πολλές πλευρές εγείρονται ερωτηματικά σχετικά με τη συνέχεια του χρόνου και του χώρου, ακόμα δε και της κίνησης. Στα επόμενα θα δούμε ότι αντίστοιχα ερωτήματα είχαν τεθεί σε διάφορες περιόδους της ιστορίας της επιστήμης και της φιλοσοφίας.

Στο παρόν κείμενο θα επικεντρωθούμε στις αντιλήψεις για την ασυνέχεια του χρόνου. Αναπόφευκτα θα μας απασχολήσει ο χώρος και η κίνηση, μιας και χώρος-χρόνος και ύλη σε κίνηση συνιστούν ένα ενιαίο όλο τόσο στην αρχαία ατομική θεωρία όσο και στη σύγχρονη επιστήμη.

Αρχαίοι Έλληνες Ατομικοί

Στην ελληνική Αρχαιότητα το πρόβλημα της ασυνέχειας όχι μόνο της ύλης, αλλά και του χώρου και του χρόνου τέθηκε από τους Ατομικούς φιλοσόφους ως λογική απάντηση στα περίφημα παράδοξα του Ζήνωνα.

Σύμφωνα με ορισμένες ερμηνείες, ο Δημόκριτος (460-370 π.Χ.) ή οι οπαδοί του θεωρούσαν ότι ακόμη και ο χώρος έχει ατομική δομή και επεξέτειναν την ατομική θεωρία στη γεωμετρία. Ο S. Luria (*Die Infinitesimaltheorie der antiken Atomisten*, Quellen und Studien, B2, 1932, p. 106-85) λέει ότι «στη σχολή του Δημόκριτου είχε εισαχθεί η έννοια του “γεωμετρικού ατόμου”. Θεωρούσαν ότι κάθε ευθύγραμμο τμήμα, όπως και κάθε επιφάνεια και κάθε στερεό σώμα, σχηματιζόταν από ένα μεγάλο –πεπερασμένο όμως– πλήθος από αδιαίτητα “άτομα”. Για τον υπολογισμό του όγκου ενός σώματος, έπρεπε να βρεθεί το άθροισμα των όγκων που είχαν τα άτομα, από τα οποία συνίστατο το σώμα».¹

Την ίδια άποψη έχουν και οι P.J. Davis-R. Hersh: «Η ατομική θεωρία αναφερόταν όχι μόνο στην ύλη αλλά και στο χρόνο και στο διάστημα».²

Κατά τον Θ. Βέικο, από τα παράδοξα του Ζήνωνα πηγάζει η αντίληψη για το χρονικά ελάχιστο, δηλαδή για την ύπαρξη χρονικών ατόμων. Μιλώντας για το τρίτο παράδοξο του Ζήνωνα, το «Βέλος», ο Θ. Βέικος σημειώνει: «Εδώ παρουσιάζεται μια άλλη ιδέα: ο χώρος και ο χρόνος συντίθενται τελικά από αδιαίρετα minima. Αυτή η ιδέα παρουσιάζει ξεχωριστό ενδιαφέρον, ιδιαίτερα για τη γένεση της ατομικής θεωρίας».³

Στην ελληνιστική περίοδο, ο Επίκουρος (341-270 π.Χ.) θα αναπτύξει παραπέρα την ατομική θεωρία του χρόνου. Ο χρόνος του είναι άπειρος, όπως άπειρα είναι τα άτομα, το κενό και το σύμπαν. Αλλά ο Επίκουρος έχει συνείδηση ότι το ζήτημα του χρόνου δεν μπορεί να το πραγματευτεί όπως τα υπόλοιπα αισθητά, απτά και χειροπιαστά ζητήματα. Γι' αυτό, εξετάζοντας το ζήτημα του χρόνου είναι ιδιαίτερα προσεκτικός. Στην *Επιστολή προς Ηρόδοτο* σημειώνει: «Και ακόμα, να προσέξουμε πολύ σοβαρά το εξής: τον χρόνο δεν πρέπει να τον ερευνούμε με τον τρόπο που ερευνούμε τις υπόλοιπες ιδιότητες που ενυπάρχουν στα αντικείμενα και που τις ανάγουμε σε έννοιες γνωστές από τα πριν (προλήψεις). Θα πρέπει, αντίθετα, να αναλογιζόμαστε την προφανή εμπειρία μας (ενάργημα) που μας κάνει να μιλάμε για “μικρή” ή “μεγάλη” χρονική διάρκεια περικλείοντας έτσι στον ίδιο όρο και τις δυο καταστάσεις. Ούτε να υιοθετήσουμε άλλη ορολογία, δήθεν καλύτερη, αλλά να χρησιμοποιούμε τις ήδη υπάρχουσες λέξεις· ούτε να αποδώσουμε στο χρόνο κάποιο άλλο γνώρισμα, ωσάν ο χρόνος να 'χε την ίδια ουσία με τούτο το γνώρισμα – γιατί αυτό κάνουν μερικοί. Απλώς θα πρέπει να αναλογιζόμαστε με τι ακριβώς συνδέουμε αυτόν τον ιδιόμορφο χαρακτήρα του χρόνου και με τι τον μετράμε. Αυτό δεν χρειάζεται απόδειξη. Αρκεί μονάχα η απλή σκέψη ότι το χρόνο τον συνδέουμε με τις μέρες και τις νύχτες και τις υποδιαίρέσεις τους καθώς και με τα συναισθήματά μας και την απουσία τους, καθώς και με την κίνηση και τη στάση· σε όλα αυτά παρατηρούμε το ιδιαίτερο εκείνο γνώρισμα (σύμπτωμα) χάρη στο οποίο μιλάμε για “χρόνο”».⁴

Μερικοί θεωρούν ότι το προηγούμενο απόσπασμα εκδηλώνει μια υποκειμενιστική αντίληψη του Επικούρου στο ζήτημα του χρόνου. Το ερώτημα αν ο χρόνος είναι αντικειμενική κατηγορία της κινούμενης ύλης ή αν είναι ψυχολογικό υποκειμενικό δημιούργημα έχει προκαλέσει διαμάχες σε όλη την ιστορία της φιλοσοφίας.

Οι εκδότες του βιβλίου απ' όπου πήραμε τη μετάφραση του αποσπάσματος έχουν θέσει ως υπέρτιτλο τη φράση «Ο ανύπαρκτος χρόνος». Στη δε σημείωση 12, στην οποία παραπέμπουν για να εξηγήσουν την επιλογή αυτού του υπέρτιτλου, γράφουν: «Σε αντίθεση με τον χώρο, ο χρόνος δεν έχει αντικειμενική υπόσταση». Προς επίρρωση του συλλογισμού τους παραθέτουν ένα απόσπασμα από τον Λουκρήτιο (I 459-463). Το απόσπασμα του Λουκρήτιου λέει:

«Ο χρόνος δεν υπάρχει από μόνος του·
μόνο από τα ίδια τα πράγματα βγαίνει η αίσθηση
για το τι έγινε στο παρελθόν, τι γίνεται τώρα
και τι θ' ακολουθήσει μετά.

Ας το παραδεχτούμε ότι κανείς ποτέ δεν μπόρεσε
ν' αντιληφθεί το χρόνο ξεκομμένο από την κίνηση
ή την ακινησία των πραγμάτων».

Και στο απόσπασμα του ίδιου του Επίκουρου και πολύ καλύτερα στο θαυμάσιο απόσπασμα του Λουκρήτιου είναι σαφές ότι δεν αμφισβητείται η αντικειμενικότητα του χρόνου. Έχουμε σημειώσει αλλού ότι η αντικειμενικότητα του χρόνου ουδώς αμφισβητείται από τους ατομικούς και ότι μεταφέρεται λανθασμένα από τον (Σκεπτικό και αντίπαλο των Επικουρείων) Σέξτο τον Εμπειρικό η άποψη ότι ο Δημόκριτος και ο Επίκουρος θεωρούσαν το χρόνο «πλάσμα της φαντασίας».

Στα αποσπάσματα από τον Επίκουρο και τον Λουκρήτιο τονίζεται η ιδέα που πρώτοι οι Μιλήσιοι διατύπωσαν ως εικασία και ο Αϊνστάιν διατύπωσε στη γλώσσα της επιστήμης με την ειδική και γενική θεωρία της σχετικότητας. Πρόκειται για την ιδέα της αλληλεξάρτησης της κινούμενης ύλης, του χώρου και του χρόνου.

Το χρονικά ελάχιστο

Σε αντιπαράθεση με τους Στωικούς που είχαν μια συνεχή αντίληψη για την ύλη, το χώρο και το χρόνο, ο Επίκουρος θα επεκτείνει την ατομική θεωρία από τη δομή της ύλης στη δομή του χώρου και του χρόνου.

Έχουμε ήδη αναφερθεί στα παράδοξα του Ζήνωνα, τα οποία έδωσαν την αφορμή στον Αριστοτέλη να ασκήσει κριτική και να θεμελιώσει την έννοια της χρονικής στιγμής του «νυν». Το αριστοτελικό «νυν» δεν μπορεί να θεωρηθεί ακριβώς χρόνος, αφού δεν έχει διάρκεια, δεν είναι ομοειδές μέγεθος (ίδιου γένους) με το χρόνο, είναι απλώς ένα όριο (σύνορο) ανάμεσα στο παρελθόν και το μέλλον: «[...] και έτι φανερόν ότι ουδέν μόριον το νυν του χρόνου, [...] ή μεν ουν πέρας το νυν, ου χρόνος, αλλά συμβέβηκεν», λέει.⁵

Μέσω του «νυν», που δεν είναι χρόνος, δημιουργείται η συνέχεια του χρόνου. Η συνέχεια του χρόνου θεμελιώνεται στη συνέχεια και την επ' άπειρον διαιρετότητα της κίνησης – της κίνησης με τη γενικότερη έννοια, που συμπεριλαμβάνει τη μεταβολή και επομένως την αλλοίωση, τη γέννηση και τη φθορά. Ο Σταγειρίτης φιλόσοφος απορρίπτει την ιδέα του ελάχιστου χρόνου, δηλαδή την ύπαρξη μιας ελάχιστης αδιαίρετης χρονικής μονάδας, όπως επίσης απορρίπτει την ύπαρξη των ατόμων και του κενού.

Έτσι, όμως, ο παρών χρόνος γίνεται μια θαμπή σκιά χρόνου. Ο Επίκουρος, αντιτιθέμενος στην αντίληψη της συνέχειας και της επ' άπειρον διαιρετότητας, που οδηγεί στο άχρονο «νυν», προχωρεί σε μια «ατομική» θεμελίωση της δομής του χρόνου. Θεωρεί ότι υπάρχει μια θεμελιώδης μονάδα χρόνου, ένα αδιαίρετο χρονικό ελάχιστο. Προφανώς, οι αδιαίρετες ελάχιστες μονάδες χρόνου αντιστοιχούν στην ελάχιστη αδιαίρετη μονάδα διαστήματος που διανύουν τα άτομα στη διάρκεια αυτής της ελάχιστης μονάδας χρόνου. Οι ελάχιστες χρονικές μονάδες δεν γίνονται αντιληπτές παρά μόνο με τη νόηση. Κατ' αίσθηση γίνεται αντιληπτός ένας «ελά-

χιστος συνεχής χρόνος» στην κίνηση των σύνθετων σωμάτων, κίνηση η οποία καθορίζεται από τη συνισταμένη των συνιστώντων ατόμων. Προφανώς, αυτός ο ελάχιστος συνεχής χρόνος αποτελεί άθροισμα πολλών αδιαίρετων ελάχιστων μονάδων χρόνου.⁶

Οι Ατομικοί φιλόσοφοι θα προχωρήσουν λοιπόν, πέρα από την ατομική δομή της ύλης, στην ατομική δομή του χώρου και του χρόνου. Επιπλέον, θα επεκτείνουν την ατομική δομή και στην ίδια την κίνηση. Στην πραγματικότητα, η ατομική δομή του χρόνου είναι αλληλένδετη με την ασυνεχή φύση της κίνησης των ατόμων. Η ύπαρξη ελάχιστου χώρου και χρόνου συνεπάγεται ότι στον μικρόκοσμο το άτομο μπορεί να κινηθεί όχι συνεχώς αλλά ασυνεχώς, με ένα μικρό άλμα.

Σε αυτές τις απόψεις ο Αριστοτέλης και οι οπαδοί του θα αντιτείνουν ότι, τότε, η κίνηση θα αποτελείται όχι από κινήσεις, αλλά από ξεκινήματα ή αναπηδήσεις ("ουκ εκ κινήσεων, ἀλλ' εκ κινήματων").⁷ Κήρυκας του συνεχούς και πατέρας της αρχής της ταυτότητας στη λογική ($\alpha = \alpha$) και της μη αντιφατικότητας, ο Αριστοτέλης δεν μπορούσε να δεχθεί πως κάτι κινείται και συγχρόνως δεν κινείται ή ότι είναι εδώ και δεν είναι εδώ την ίδια χρονική στιγμή. Αλλά και ο ίδιος αντιλαμβάνεται την αντιφατικότητα της κίνησης. Για να απαντήσει, θα αναπτύξει τη δική του διαλεκτική τού «δυνάμει» και του «ενεργεία». Ο χώρος και ο χρόνος, θα πει, είναι επ' άπειρον διαιρετοί δυνάμει, αλλά δεν είναι επ' άπειρον διαιρετοί ενεργεία.

Ο Επίκουρος, για να αντιμετωπίσει τις αντιφάσεις στην κίνηση, εφοδιάζει τα άτομα και με την ικανότητα να κινούνται με δονήσεις, με παλμούς ("τον παλμόν ισχουσai" – *Επιστολή πρώτη προς Ηρόδοτον*, 43-44). Έτσι, όχι μόνο η ύλη, ο χώρος και ο χρόνος, αλλά και η κίνηση – όλα έχουν ατομική δομή. Κατ' αυτόν, στο μικροσκοπικό επίπεδο οργάνωσης της ύλης η κίνηση πραγματοποιείται ασυνεχώς. Και μάλιστα, με την κατά παλμόν κίνηση συνδέει την αιτιοκρατικά κινούμενη ύλη με μια εγγενή απροσδιοριστία που εμποδίζει την αιτιότητα να γίνει ειμαρμένη. Στην επικούρεια διαλεκτική, σε αντίθεση με τον Δημόκριτο, η τυχαιότητα είναι αλληλένδετη με την αναγκαιότητα. Συγχρόνως, ο Επίκουρος «διασώζει τα φαινόμενα», θεωρώντας ότι κατ' αίσθηση γίνεται αντιληπτός ένας «ελάχιστος συνεχής χρόνος».

Όχι μόνο ο χώρος και ο χρόνος, αλλά και η κίνηση στη διαλεκτική της αρχαίας ατομικής φιλοσοφίας πρέπει να κατανοηθούν στην αντιφατικότητά τους, ως έννοιες συνεχείς και ασυνεχείς συγχρόνως.

Αυτή την αντιφατική φύση της κίνησης, του χώρου και του χρόνου, πάσχισαν να φωτίσουν οι αρχαίοι διαλεκτικοί, αλλά και οι νεότεροι συνεχιστές τους. Ένας απ' αυτούς, ο Β.Ι. Λένιν, στα σχόλιά του στη φιλοσοφία του Χέγκελ σημειώνει: «Κάτι κινείται, όχι επειδή βρίσκεται εδώ σε μια ορισμένη στιγμή και πιο πέρα σε μια άλλη χρονική στιγμή, αλλά επειδή την ίδια χρονική στιγμή βρίσκεται εδώ και όχι εδώ, και σ' αυτό το εδώ βρίσκεται και δεν βρίσκεται ταυτόχρονα. Πρέπει να

αναγνωρίσουμε στους αρχαίους διαλεκτικούς τις αντιφάσεις που απέδειξαν στην κίνηση· αυτό δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχει κίνηση, αλλά μάλλον ότι η κίνηση είναι η ίδια η υπάρχουσα αντίφαση».⁸

Και μελετώντας τις Διαλέξεις για την Ιστορία της Φιλοσοφίας του Χέγκελ, ο Λένιν με ενθουσιασμό παραθέτει τον Χέγκελ: «Ουσία του χρόνου και του χώρου είναι η κίνηση, γιατί η κίνηση είναι καθολική. Να κατανοήσεις την κίνηση σημαίνει να εκφράσεις την ουσία της με τη μορφή της έννοιας. Η κίνηση σαν έννοια, σαν σκέψη, εκφράζεται με τη μορφή της ενότητας της αρνητικότητας και της συνέχειας. Αλλά ούτε τη συνέχεια, ούτε την ασυνέχεια πρέπει να τις θέτουμε ως την ουσία».

Ο Λένιν σημειώνει επιδοκιμαστικά: σωστό! και σχολιάζει: «“Να κατανοήσεις σημαίνει να εκφράσεις με τη μορφή των εννοιών”. Η κίνηση είναι η ουσία του χρόνου και του χώρου. Αυτή την ουσία την εκφράζουν δυο βασικές αντιλήψεις: (η άπειρη) συνέχεια (Kontinuitat) και η “διακριτότητα” [“punctuality” = σημειακότητα] (= η άρνηση της συνέχειας, η ασυνέχεια). Η κίνηση είναι ενότητα της συνέχειας (του χρόνου και του χώρου) και της ασυνέχειας (του χρόνου και του χώρου). Η κίνηση είναι μια αντίφαση, μια ενότητα αντιφάσεων».⁹

Αλλά τις ίδιες απόψεις για την αντιφατικότητα της κίνησης εκφράζει και ο Ένγκελς σε ένα από τα βασικά του βιβλία, στο *Αντι-Ντύρινγκ*, όπου εκθέτει τις θέσεις του για τη διαλεκτική της φύσης. Πολεμώντας τις αντιδιαλεκτικές απόψεις του Ντύρινγκ γράφει:

«Η κίνηση καθ’ εαυτή αποτελεί μια αντίφαση: ακόμα και η απλή μηχανική μετατόπιση μπορεί να πραγματοποιείται μόνο και μόνο γιατί ένα σώμα σε μια και την ίδια χρονική στιγμή βρίσκεται σε μια θέση και ταυτόχρονα σε μια άλλη θέση, βρίσκεται αλλά και δεν βρίσκεται στην ίδια θέση. Και η συνεχής θέση και λύση της αντίφασης συνιστά ακριβώς την κίνηση».¹⁰

Άραβες και Εβραίοι φιλόσοφοι στη διάρκεια του Μεσαίωνα

Η κυριαρχία του χριστιανισμού και η μετατροπή του σε κρατική θρησκεία από τον αυτοκράτορα Κωνσταντίνο είχαν ως συνέπεια την εξάπολυση μεγάλων διωγμών εναντίον των «ειδωλολατρών» Ελλήνων φιλοσόφων και ιδίως των υλιστών Ατομικών φιλοσόφων. Η φιλοσοφική σκέψη θα τεθεί υπό διωγμό. Και όχι μόνο τα φιλοσοφικά δόγματα που οι εκκλησιαστικοί πατέρες έκριναν αντίθετα με τη διδασκαλία των Ευαγγελίων. Εκτός νόμου θα τεθούν και τα μαθηματικά. Ήταν ο ίδιος ο Άγιος Αυγουστίνος που συμβούλευε: «Να προφυλάγεται ο καλός χριστιανός από τους μαθηματικούς κι από όλους τους κενούς προφήτες· φοβούμαι πως οι μαθηματικοί έκαναν συμβόλαιο με το Σατανά για να συσκοτίσουν το πνεύμα και να ρίξουν τον άνθρωπο στα δεσμά της Κόλασης».¹¹ Λίγο αργότερα, με τον ρωμαϊκό νόμο

περί κακοποιών, μαθηματικών και παρομοίων αποφασιζόταν πως «απαγορεύεται η συμμετοχή σε ασκήσεις και η εκμάθηση της τέχνης της γεωμετρίας, τέχνης αξιόποινης όσο και τα μαθηματικά».

Μέσα σ' αυτό το κλίμα οι φιλοσοφικές σχολές της αρχαίας Αθήνας τέθηκαν υπό διωγμό. Το 529 μ.Χ. ο Ιουστινιανός θα κλείσει την Ακαδημία του Πλάτωνος. Στη διάρκεια του 6ου μ.Χ. αιώνα μία μετά την άλλη όλες οι φιλοσοφικές σχολές της αρχαίας Αθήνας θα έχουν τεθεί εκτός νόμου.

Σε αυτό το σημείο η «πανουργία της ιστορίας» θα βρει ένα διαφορετικό μονοπάτι για να προχωρήσει. Απρόσμενα, ενώ ο χριστιανικός κόσμος καταδιώκει ως απόβλητους τους Έλληνες φιλοσόφους, οι τελευταίοι θα βρουν φιλόξενο καταφύγιο στο Ισλάμ. Ο Βυζαντινός ιστορικός Αγαθίας ο Μυρηνάιος αφηγείται με λεπτομέρειες πως στα σύνορα της Μεσοποταμίας με το Ιράν φιλόσοφοι της αθηναϊκής σχολής έδιναν διαλέξεις περί του απείρου ή του πεπερασμένου του κόσμου, περί θνησιμότητας ή αθανασίας της ψυχής και μετάφραζαν έργα του Αριστοτέλη και του Πλάτωνα.¹² Στην περιοχή Χαρράν (Κάρραι), έξω από την Έδεσσα, σημερινή Ούρφα της Ανατολικής Τουρκίας, ως τον 10ο αιώνα την τριάδα πίστης αποτελούσαν οι Σωκράτης, Πλάτων, Αριστοτέλης.¹³

Μια πλειάδα Αράβων φιλοσόφων, οι Αλ Κιντί (800-870), Αλ Φαραμπί (878-950), Αβικέννας (Ιμπν Σίνα, 980-1037, από την Περσία), ο Αλγαζέλης, ο Αβερρόης (Ιμπν Ρουσντ, 1126-1198), ο Ισπανοεβραίος φιλόσοφος Ιμπν Γκαμπιρόλ (Ibn Gabirol ή Solomon ben Judah) ή Αβικεβρόν (1021-1058) από τη Μάλαγα, που επίσης έγραφε στα αραβικά, και ο Μωυσής Μαΐμονίδης από την Κόρντοβα (Maimonides/Rambam ή Μωυσής μπιν Μαΐμούν 1135-1204), ήταν οι πρωταγωνιστές μιας νέας φιλοσοφικής αναγέννησης στην εποχή του σκοτεινού χριστιανικού Μεσαίωνα. Ήταν μια φιλοσοφική επανάσταση, που συχνά έπαιρνε τη μορφή μιας διαμάχης θρησκευτικών αιρέσεων. Αυτό δεν πρέπει να μας εκπλήσσει, αφού αρκετούς αιώνες αργότερα οι διαμάχες των καρτεσιανών με τον Νεύτωνα και τον Λάιμπνιτς ήταν εξίσου θρησκευτικά φορτισμένες.¹⁴

Πίσω από το θρησκευτικό περιβάλλον, η φιλοσοφική διαμάχη στο επίκεντρό της είχε τις ιδέες του Πλάτωνα, ή τη νεοπλατωνική εκδοχή τους, τη διερεύνηση της «ουσίας» του Αριστοτέλη και τις ιδέες των αρχαίων Ελλήνων Ατομικών. Το πρόβλημα της σχέσης του σύμπαντος με τη θεϊκή δημιουργία, το άπειρο και το πεπερασμένο, οι σχέσεις χρόνου, χώρου, κίνησης και ακινησίας είναι προβλήματα με τα οποία θα καταπιαστούν οι σπουδαίοι αυτοί φιλόσοφοι που θα προετοιμάσουν το έδαφος για την ευρωπαϊκή Αναγέννηση και την Επιστημονική Επανάσταση. Ο λεγόμενος δυτικός πολιτισμός θα γονιμοποιηθεί από τη σκέψη του κόσμου του Ισλάμ, όσο κι αν αυτό αγνοείται από τους σύγχρονους ιδεολόγους της «σύγκρουσης των πολιτισμών».

Καλάμ

Το σημαντικότερο ρεύμα σκέψης στον ισλαμικό κόσμο της μεσαιωνικής εποχής είναι το Καλάμ. Κατά λέξη Καλάμ σημαίνει Λόγος. Οι οπαδοί-θεολόγοι του Καλάμ λέγονταν Μουτακαλαμίμ (= συνομιλούντες, ή λατινιστί Loquentes = Λόγιοι).

Το Καλάμ αποτέλεσε ένα φημισμένο θρησκευτικοφιλοσοφικό κίνημα σκέψης στον ισλαμικό κόσμο, που επανέφερε στο προσκήνιο την ατομική θεωρία των αρχαίων Ελλήνων. Οι Μουτακαλαμίμ ανέπτυσαν τις σκέψεις τους με βάση τον ορθό λόγο και επηρέασαν σημαντικά την επιστημονική και φιλοσοφική σκέψη του ύστερου Μεσαίωνα και της αυγής των Νέων Χρόνων. Ουσιαστικά γονιμοποίησαν αυτό που στη Δυτική Ευρώπη εκφράστηκε με την Επιστημονική Επανάσταση του 17ου αιώνα. Ακόμα και ο περίφημος Λάιμπνιτς είχε μελετήσει και κρατήσει λεπτομερείς σημειώσεις με επιχειρήματα του Καλάμ. Ο Γκασεντί επίσης, του οποίου πολλές απόψεις ο Νεύτων ενστερνίστηκε, είχε ασπαστεί την ατομική θεωρία των Αράβων.

Το Καλάμ εμφανίζεται γύρω στον 8ο αιώνα. Ύστερα από 2-3 αιώνες θα μεταλλαχθεί και θα μετατραπεί στο ισλαμικό αντίστοιχο του σχολαστικισμού της μεσαιωνικής Ευρώπης. Όμως, οι αρχικές θεωρίες τους για τα άτομα, το χώρο και το χρόνο είχαν έναν καθαρά κοσμικό και επιστημονικό-φιλοσοφικό χαρακτήρα και η σκέψη τους ήταν ορθολογική, πριν καταλήξουν σε ένα ακραίο θειστικό δόγμα. Στο πλαίσιο αυτού του ιδεολογικού ρεύματος ιδιαίτερα σημαντική υπήρξε η συνεισφορά του πρωτότυπου πολιτιστικού και πνευματικού κράματος που αναπτύχθηκε στην Ανδαλουσία από Άραβες και Εβραίους. Έχοντας πάρει τη σκυτάλη από την αρχαιοελληνική φιλοσοφική και επιστημονική παράδοση, οι στοχαστές του λαμπρού αραβοεβραϊκού πολιτισμού, που άνθισε στην Ισπανία πριν οι ιππότες του Φερδινάνδου και της Ισαβέλλας καταστρέψουν τη Γρανάδα, διατύπωσαν μια πολύ ριζοσπαστική άποψη για τη φύση, το χώρο και το χρόνο.

Το σύμπαν των Μουτακαλαμίμ αποτελείται όχι από «ουσίες» και «ιδιότητες» όπως στον Αριστοτέλη, αλλά από «άτομα» και «συμβάντα». Τα άτομα του Καλάμ είναι αδιαίρετα σωματίδια, ίσα μεταξύ τους και στερούμενα έκτασης. Χωρικό μέγεθος μπορεί να αποδοθεί μόνο σε έναν συνδυασμό ατόμων που σχηματίζουν ένα σώμα. Εν αντιθέσει με τον Αριστοτέλη, το Καλάμ δέχεται την ύπαρξη του κενού. Επιπλέον, προχωρώντας παραπέρα τις σκέψεις των αρχαίων Ελλήνων ατομικών φιλοσόφων, φθάνουν στο συμπέρασμα ότι όχι μόνο η ύλη, αλλά και ο χώρος και ο χρόνος έχουν ατομική δομή. Η ασυνέχεια της ύλης, του χώρου και του χρόνου εγκαθιδρύονται στα μικροσκοπικά έσχατα του υλικού κόσμου. Η ασυνέχεια στη δομή του χώρου και του χρόνου οδηγεί λογικά στην ασυνέχεια της κίνησης, σε μια ερμηνεία της κίνησης «ως σειράς ή ακολουθίας στιγμιαίων αλμάτων» το άτομο καταλαμβάνει διαφορετικά διακεκριμένα στοιχεία χώρου διαδοχικά. Η φυσική κίνηση γίνεται έτσι μια ασυνεχής διεργασία». ¹⁵

Βεβαίως, η ατομική θεωρία με τον τρόπο που διατυπωνόταν είχε εσωτερικές λογικές ασυνέπειες, γεγονός που οδηγούσε σε άλυτες αντιφάσεις, παραδείγματος χάριν στη μελέτη της περιστροφικής κίνησης.

Ένας από τους επικριτές του Καλάμ, όχι πάντα αμερόληπτος, αλλά που δίνει πολλές και χρήσιμες πληροφορίες, είναι ο Μωυσής Μαϊμονίδης (1135-1204). Ο Μαϊμονίδης ήταν μέγας αριστοτελικός από την Κόρντοβα. Έγραφε στα αραβικά αλλά ήταν πιστός Εβραίος. Το βασικό έργο του, *Εγχειρίδιο για Αμφιβάλλοντες* (Νταλαλάτ αλ-χα'ιμιν ή στην αγγλική απόδοση *The guide for perplexed - Οδηγός του Σύνθετου*), είναι ένα από τα βιβλία που επηρέασαν πολύ την ευρωπαϊκή σκέψη. Η προσπάθεια του Μαϊμονίδη είναι να συμβιβάσει τον Αριστοτέλη με την ιουδαϊκή θεολογία.

Ας δούμε τις απόψεις των Μουτακαλαμίμ όπως εκτίθενται, συχνά επικριτικά, στο *Εγχειρίδιο για Αμφιβάλλοντες*:

«Τρίτη Πρόταση

“Ο χρόνος συντίθεται από χρονοάτομα”, δηλαδή από πολλά στοιχεία, τα οποία εξαιτίας της μικρής διάρκειάς τους δεν μπορούν να διαιρεθούν. Αυτή η πρόταση είναι επίσης μια λογική συνέπεια της πρώτης. Οι Μουτακαλαμίμ χωρίς αμφιβολία είδαν πως ο Αριστοτέλης απέδειξε ότι ο χρόνος, ο χώρος και η κίνηση είναι ίδιας φύσης, δηλαδή μπορούν να διαιρεθούν σε τμήματα τα οποία βρίσκονται σε ίδια αναλογία μεταξύ τους. Επομένως, γνώριζαν ότι αν ο χρόνος ήταν συνεχής και διαιρετός επ’ άπειρον, τα υποτιθέμενα άτομα του χώρου αναγκαστικά θα ήταν επίσης διαιρετά. Ομοίως, αν υπετίθετο ότι ο χώρος είναι συνεχής, αναγκαστικά θα συνεπαγόταν ότι τα χρονοστοιχεία, που θεωρούσαν ότι είναι αδιαίρετα, θα μπορούσαν επίσης να διαιρεθούν. Αυτό το απέδειξε ο Αριστοτέλης στην πραγματεία του *Ακρόασις*. Επομένως, κατέληξαν ότι ο χώρος δεν ήταν συνεχής, αλλά αποτελούνταν από στοιχεία που δεν μπορούσαν να διαιρεθούν και ότι, ομοίως, ο χρόνος μπορούσε να ελαχιστοποιηθεί σε χρονοστοιχεία που ήταν αδιαίρετα. Μια ώρα π.χ. διαιρείται σε 60 λεπτά, το λεπτό σε 60 δευτερόλεπτα, το δευτερόλεπτο σε 60 στοιχεία κ.ο.κ. τελικά, μετά από δέκα ή περισσότερες διαδοχικές διαιρέσεις σε εξηκοστά, καταλήγουμε σε χρονοστοιχεία που δεν υπόκεινται σε διαίρεση και είναι στην πραγματικότητα αδιαίρετα, όπως και στην περίπτωση του χώρου. Έτσι, ο χρόνος θα είναι ένα αντικείμενο τάξης και θέσης». ¹⁶

* * *

Η επίδραση των Αράβων στη δυτική σκέψη είναι αποφασιστική. Στην καμπή του 13ου αιώνα, ο Αιγίδιος της Ρώμης (Giles 1247-1316), άνθρωπος που άσκησε μεγάλη επίδραση στη διαμόρφωση της δυτικοευρωπαϊκής σκέψης, επηρεασμένος από τους Άραβες θα προτείνει μια ολοκληρωμένη μορφή ατομισμού. Στην ίδια κατεύθυνση, ο Nikolas d' Autrecourt θα εγκαταλείψει κάθε εξήγηση με βάση ουσιαστι-

κές μορφές και θα υιοθετήσει ανεπιφύλακτα την επικούρεια φυσική. Θα φθάσει σε μια ατομική θεωρία της ύλης και του χρόνου λέγοντας ότι το υλικό συνεχές απαρτίζεται από ελάχιστα, υποαισθητά αδιαίρετα σημεία, και ο χρόνος από διακεκριμένες στιγμές, υποστήριζε δε ότι η μεταβολή των φυσικών πραγμάτων οφείλεται στην τοπική κίνηση, δηλαδή στη συγκέντρωση και στο διασκορπισμό των σωματιών. Πίστευε, όπως οι Ατομικοί και ο Εμπειροκλής, ότι το φως είναι κίνηση σωματιών που έχουν πεπερασμένη ταχύτητα». ¹⁷

Συνέχεια και ασυνέχεια

Η είσοδος στην κβαντική εποχή συνυφαίνεται με την αλλαγή των εννοιολογικών θεμελίων της φυσικής. Πλήθος προβλήματα και παρανοήσεις στην ερμηνεία της κβαντικής φυσικής προήλθαν από το γεγονός ότι χρησιμοποιούνταν έννοιες και κατηγορίες του μακρόκοσμου για την ερμηνεία φαινομένων του μικρόκοσμου, όπου δεν ισχύει η κλασική φυσική. Από τον καιρό του Αριστοτέλη έως τον Νεύτωνα, η συνέχεια ήταν μια σημαντική έννοια, γερά θεμελιωμένη στον τρόπο σκέψης των φυσικών. Επεκτείνοντας ιδέες της ευκλείδειας γεωμετρίας, οι φυσικοί θεώρησαν αξιωματικά την τροχιά ενός σωματίου (το σύνολο των σημείων του χώρου από τα οποία διέρχεται) ως συνεχή καμπύλη. Η έννοια της τροχιάς είναι βασική στην κλασική φυσική. Όμως, στην κβαντική φυσική η έννοια της τροχιάς δεν υφίσταται.

Οι αντίθετες διδασκαλίες των Ατομικών φιλοσόφων και των ανά τους αιώνες οπαδών τους δεν γίνονταν αποδεκτές. Πολύ μεγάλοι επιστήμονες μέχρι τις αρχές του 20ού αιώνα αρνούνταν να δεχθούν την ύπαρξη των ατόμων και την ασυνέχεια στις φυσικές διαδικασίες. Η φυσική όλου του 19ου αιώνα δεν δεχόταν την ύπαρξη ατόμων, αν και στη χημεία τα άτομα έπαιζαν βασικό ρόλο στις θεωρίες για τη συγκρότηση των μορίων και των χημικών ενώσεων.

Η έννοια του συνεχούς ήταν θεμελιώδης στα μαθηματικά και στη φυσική, και συνεπώς στη μελέτη των νόμων της φύσης. Ένας πρόσθετος λόγος για την επικράτηση της αντίληψης του συνεχούς αφορά τη μαθηματική τεχνική. Η συνέχεια είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη χρήση του διαφορικού λογισμού, που τόσο λαμπρά αποτελέσματα έφερε. Μια συνάρτηση παραγωγίζεται μόνο στα σημεία όπου είναι συνεχής. Βεβαίως, αυτό αφορά την αυστηρή χρήση των μεθόδων διαφορίσης, γιατί στην πράξη, όπως παρατηρεί ο Sinnik, «ακόμα και σήμερα κάνουμε αρκετά συχνά χρήση αυτής της αντίληψης για τα “άτομα”, όταν αντιμετωπίζουμε ένα μαθηματικό πρόβλημα στη θεωρία της ελαστικότητας, στη φυσική, στη χημεία την αυστηρή θεωρία των “ορίων” τη φυλάμε, τότε, μόνο για τον επαγγελματία μαθηματικό». ¹⁸

Όμως, στις αρχές του 20ού αιώνα είχαν προκύψει καινούργια δεδομένα. Η βα-

σική μεθοδολογική αρχή που πήρε ο Αϊνστάιν από τον Planck είναι η θεωρία των κβάντα, η εκπομπή και απορρόφηση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας όχι κατά συνεχή αλλά κατά διακριτά ποσά ενέργειας, ακέραια πολλαπλάσια ενός στοιχειώδους ποσού (κβάντουμ). Στο 5ο από τα άρθρα του 1905, για την εκπομπή και τον μετασχηματισμό του φωτός, αφού πλέξει το εγκώμιο στην κυματική θεωρία του φωτός που χρησιμοποιεί συνεχείς χωρικές συναρτήσεις, επισημαίνει τις αντιφάσεις στις οποίες οδηγεί. Η δική του επαναστατική άποψη είναι ότι: «Κατά την εδώ υπόθεσή μας, στη διάδοση μιας φωτεινής ακτίνας εκπεμπόμενης από μια σημειακή πηγή, η ενέργεια δεν κατανέμεται συνεχώς σε έναν ολοένα αυξανόμενο όγκο, αλλά αποτελείται από έναν πεπερασμένο αριθμό κβάντων ενέργειας, εντοπισμένων σε σημεία του χώρου, που κινούνται χωρίς να διαιρούνται και τα οποία μπορεί να απορροφηθούν ή να δημιουργηθούν μόνον ως πλήρεις μονάδες».¹⁹ Και στο θαυμάσιο εκλαϊκευτικό βιβλίο που έγραψε με τον Infeld συνοψίζει: «Αν θα έπρεπε να χαρακτηρίσουμε την κύρια ιδέα της θεωρίας των κβάντα με μια πρόταση, θα λέγαμε: πρέπει να δεχτούμε πως μερικά φυσικά μεγέθη, που θεωρούντο μέχρι τώρα ως συνεχή, αποτελούνται από στοιχειώδη ποσά (κβάντα) [...] Όχι μονάχα η ύλη και ο ηλεκτρισμός, αλλά και η ακτινοβολούμενη ενέργεια έχει κοκκώδη σύσταση, δηλαδή αποτελείται από κβάντα».²⁰

Το φως και εν γένει τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα αντιμετωπίζονται ως διφυείς οντότητες, κύμα και σωματίδιο συγχρόνως. Συγχρόνως, η ασυνέχεια εγκαθίσταται στα θεμέλια της φυσικής επιστήμης. Αντίθετα από το παλιό ρητό που έλεγε ότι «*natura non facit saltus*» (η φύση δεν κάνει άλματα), στη νέα φυσική «*natura facit saltus*» (η φύση κάνει άλματα).

Είναι γνωστό ότι ατομική θεωρία δεν έγινε δεκτή εύκολα. Καθώς το κυρίαρχο ιδεολογικό ρεύμα ήταν ο θετικισμός, η ύπαρξη του ατόμου συναντούσε ισχυρές αντιστάσεις. Ο Μαχ και ο Όστβαλντ αρνούνταν επίμονα να δεχτούν την ύπαρξη του ατόμου, με το σκεπτικό ότι δεν θα μπορούσε ποτέ να παρατηρηθεί· εξάλλου, από τον καιρό των αρχαίων Ελλήνων ο ατομισμός ήταν χρωματισμένος με τον υλισμό. Ο Boltzmann, όπως σημειώσαμε, αισθανόταν τόσο παραγκωνισμένος από το πανεπιστημιακό κατεστημένο που αυτοκτόνησε. Ακόμα και ο Max Planck, πατέρας των κβάντα, θα χρησιμοποιήσει την έννοια αυτή στη διάδοση της ακτινοβολίας θερμού σώματος ως μαθηματικό τέχνασμα για να αποφύγει τους απειρισμούς που προέκυπταν από τη συνεχή διάδοση της ακτινοβολίας. Ο νεαρός Αϊνστάιν, χωρίς το βαρύ φορτίο των προκαταλήψεων των προκατόχων του, ίσως και λόγω διαφορετικής φιλοσοφικής κουλτούρας, θα έλθει να δώσει νέα ώθηση στην ατομική φύση της ύλης αναιρώντας την κυματική φύση του φωτός και υιοθετώντας τη σωματιδιακή φύση του ή ακριβέστερα τη διπλή φύση του φωτός. Χρησιμοποιώντας τη σωματιδιακή συμπεριφορά του φωτός, με την προαναφερθείσα εργασία του ερμήνευσε το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο (εκπομπή ηλεκτρονίων από μέταλλα, όταν πά-

νω τους προσπίπτει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία) ανοίγοντας την εποχή της κβαντικής φυσικής – μια νέα, επαναστατική αντίληψη για τη φύση.

Η κβάντωση και η ασυνέχεια δεν περιορίζονται στις ιδιότητες της ύλης, δηλαδή των μικροσωματιδίων στο ατομικό και υποατομικό επίπεδο. Κβαντωμένες επίσης είναι και οι αλληλεπιδράσεις (δυνάμεις), αφού προϋποθέτουν φορείς διπλής υπόστασης, σωματιδιακής και κυματικής συγχρόνως. Οι ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις έχουν ως φορείς τα φωτόνια, οι ισχυρές πυρηνικές αλληλεπιδράσεις έχουν φορείς τους τα γλιόνια, ενώ οι ασθενείς έχουν τα W^+ , W^- και Z^0 . Αντίστοιχα, τα βαρυτικά κύματα αναμένεται να έχουν ως φορείς αλληλεπιδράσεων τα βαρυτόνια, σωματίδια που δεν έχουν ακόμα ανιχνευτεί πειραματικά αλλά προβλέπονται από τη γενική σχετικότητα. Βέβαια, η κβάντωση του βαρυτικού πεδίου δεν είναι εύκολη εξαιτίας της μη γραμμικότητάς του: τα τελευταία χρόνια πολλές εργασίες αναφέρονται στην κβάντωση του πεδίου βαρύτητας.

Κβάντωση του χρόνου

Η ιδέα της κβάντωσης δεν περιορίζεται στη φύση των μικροσωματιδίων της ύλης και του φωτός και των αλληλεπιδράσεών τους. Στη σύγχρονη φυσική αγκαλιάζει επίσης το χώρο και το χρόνο.

Ήδη από τις πρώτες δεκαετίες του 20ού αιώνα, την περίοδο διαμόρφωσης της κβαντικής φυσικής, διατυπώθηκαν οι πρώτες ιδέες για την κβάντωση του χώρου και του χρόνου. Όπως αναφέρει ο Max Jammer: «Ο Heisenberg, στην προσπάθειά του να επιτύχει μια απλοποιημένη γενική αναπαράσταση της κβαντικής μηχανικής, προσπάθησε [...] να εγκαταλείψει την αρχή της συνέχειας στη ρημάνεια ή την ευκλείδεια γεωμετρία και εισήγαγε την πρόταση ενός “ελάχιστου μήκους” προκειμένου να αντιμετωπίσει ορισμένες δυσκολίες της κβαντικής ηλεκτροδυναμικής».²¹

«Το πρόβλημα της ασυνέχειας του χώρου είχε τεθεί από τον Δημόκριτο», παρατηρεί ο καθηγητής Ευτύχης Μπιτσάκης.²² «Το 1908 ο Mach έθεσε εκ νέου το πρόβλημα με νέα δεδομένα. Με την ανακάλυψη των στοιχειωδών σωματιδίων, πολλοί φυσικοί έθεσαν το ερώτημα μήπως ο χώρος και ο χρόνος έχουν ασυνεχή δομή στην κβαντική κλίμακα (Ivanenco και Ambartsumian 1930, Pauli 1933, Heisenberg 1938, De Broglie 1943, Snyders 1947 κλπ.), συνεχίζει ο Ε. Μπιτσάκης, ο οποίος στο προαναφερθέν βιβλίο του απορρίπτει την κβάντωση του χρόνου και του χώρου και υποστηρίζει τη συνεχή δομή τους. Σε παλαιότερο, όμως, έργο του έβλεπε ευνοϊκά την άποψη για την ασυνέχεια της κίνησης, του χώρου και του χρόνου. Στο βιβλίο *Η Φύση στη Διαλεκτική Φιλοσοφία*, αφού παραθέσει το απόσπασμα του Λένιν που κι εμείς παραθέσαμε, σημειώνει: «Η σύγχρονη φυσική έχει θέσει το θέμα της ασυνέχειας: της κβάντωσης του χώρου. Στη θεωρία του Ντιράκ, ο χώρος μπορεί να θεωρηθεί

κβαντωμένος, γιατί κάθε σωματίο αντιστοιχεί σε μια πάρα πολύ μικρή περιοχή του χώρου. Σήμερα γίνεται λόγος για “στοιχειώδες μήκος”, που θα ‘ναι της τάξης της “ακτίνας” του ηλεκτρονίου, για “λεπτή δομή” του χώρου, για προνομιούχες κατευθύνσεις μέσα στο χώρο κλπ. Αλλά το πρόβλημα κάθε άλλο παρά έχει λυθεί». ²³

Στην πιο πρόσφατη περίοδο οι φυσικοί Tony Hey και Patrick Walters, που αποδίδουν την πατρότητα της ιδέας της «κβάντωσης του χώρου» στον Pauli, θεωρούν ότι η πρόταση αυτή «επαληθεύτηκε από το περίφημο πείραμα των Otto Stern και Walther Gerlach», το 1922. ²⁴ Επίσης, οι Raymond A. Serway-Clement J. Moses-Curt A. Moyer, ²⁵ αναφερόμενοι στο ζήτημα της κβάντωσης της στροφορμής L , ισχυρίζονται ότι αυτό συνιστά κβάντωση του χώρου. Βέβαια, ο ελληνικός όρος αναφέρεται ως κβάντωση κατεύθυνσης και όχι ως κβάντωση χώρου (Space Quantization), όπως κατά λέξη αναφέρεται στην αγγλική βιβλιογραφία.

Όμως, μάλλον πρόκειται για μη ακριβείς διατυπώσεις. Τα πειράματα στα οποία αναφέρονται δεν συνεπάγονται την κβάντωση του χώρου με την αυστηρή έννοια του όρου. Εξάλλου όταν μιλάμε για ελάχιστο μήκος της τάξης του 10^{-35} m η πειραματική επιβεβαίωση αυτού του ισχυρισμού θα απαιτούσε διείσδυση σε κλίμακες πολλών τάξεων μικρότερου μεγέθους απ’ όσο μπορούμε να διεισδύσουμε με τις υπάρχουσες και ίσως τις μελλοντικές διαθέσιμες ενέργειες των επιταχυντών.

Εν γένει, όλες αυτές οι μέχρι σήμερα απόπειρες θεμελίωσης ενός διακριτού ή κβαντωμένου χωροχρόνου αντιμετώπισαν ανυπέρβλητες δυσκολίες. Τα τελευταία χρόνια οι προσπάθειες κβάντωσης του χωροχρόνου έχουν αναθερμανθεί από την ανάγκη διατύπωσης μιας ικανοποιητικής θεωρίας που να εξηγεί τη φυσική στη «γειτονιά» των χωροχρονικών ανωμαλιών, όπως λ.χ. στο εσωτερικό των μαύρων τρυπών και ακόμη να δίνει επαρκείς εξηγήσεις για το τι πραγματικά συνέβη κατά τη λεγόμενη Μεγάλη Έκρηξη. Σε τέτοιες συνθήκες οι επιδράσεις των κβαντικών φαινομένων δεν μπορούν να χωριστούν από τις επιδράσεις της βαρυτικής δύναμης. Επομένως ανακύπτει εντονότερα η ανάγκη ενοποίησης των δυο επαναστατικών φυσικών θεωριών του 20ού αιώνα, της γενικής σχετικότητας και της κβαντομηχανικής. Αν και οι δυο είναι εξαιρετικά επιτυχείς και επιβεβαιωμένες από πλήθος πειραματικά και παρατηρησιακά δεδομένα και εφαρμογές, όμως καθεμιά αντιμετωπίζει μόνο ένα τμήμα της φυσικής πραγματικότητας. Η ανάπτυξη μιας κβαντικής θεωρίας της βαρύτητας θεωρείται από πολλούς φυσικούς το κλειδί για τη λύση του προβλήματος μιας ενιαίας φυσικής θεωρίας. Και για κάποιους το κλειδί αυτού του εγχειρήματος βρίσκεται στην κβάντωση του χωροχρόνου.

Σύμφωνα με αυτές τις αναζητήσεις, ο κβαντωμένος χώρος, και αντίστοιχα χρόνος, αποκτούν μια κοκκώδη, ατομική δομή. Όμοια με το έσχατο δομικό στοιχείο της ύλης των αρχαίων ατομικών, που βεβαίως δεν είναι το άτομο, αφού έχουμε προχωρήσει στα βάθη του ατόμου μέχρι τα κουάρκ, έχουμε έσχατα όρια κάτω από τα οποία δεν έχει νόημα μικρότερο διάστημα και μικρότερος χρόνος.

Το όριο για το ελάχιστο μήκος που αποκαλείται μήκος Planck υπολογίζεται σε $h^{1/2} = 1,616 \times 10^{-35}$ m, το μικρότερο μήκος που, θεωρητικά τουλάχιστον, έχει νόημα. Επομένως, οι διαστάσεις του ελάχιστου χώρου είναι της τάξης του 10^{-105} m³.

Ομοίως, υπάρχει ένα χρονικό minimum, πέραν του οποίου δεν είναι δυνατή η διαιρετότητα του χρόνου. Αυτή η ελάχιστη χρονική διάρκεια θεωρείται η θεμελιώδης μονάδα χρόνου και ονομάζεται χρόνος Planck. Η τιμή του υπολογίζεται σε $t_{\text{Planck}} = 5,39 \times 10^{-44}$ s. Ποιο είναι το φυσικό νόημα του μήκους και του χρόνου Planck δεν είναι σαφές, ή δεν είναι ακόμα σαφές.

Για τον Gilles Cohen-Tannoudji: «Η ύπαρξη του χρόνου και του μήκους Planck υποδηλώνει ότι και ο ίδιος ο χωρόχρονος έχει κβαντική δομή. Φανταστείτε τις εκπληκτικές συνέπειες που θα έχει η ύπαρξη ορίου στη διαιρετότητα του χώρου, αλλά κυρίως στη διαιρετότητα του χρόνου», γράφει.²⁶

Ο ίδιος θεωρεί πως μια βαθύτερη κατανόηση της φύσης του χώρου και του χρόνου απαιτεί την ενοποίηση των τεσσάρων αλληλεπιδράσεων, και ειδικά της βαρυτικής με την ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση.

Προς το παρόν, όμως, η γενική θεωρία της σχετικότητας και η κβαντική φυσική φαίνεται να είναι εντελώς ασύμβατες. Η γενική σχετικότητα του Αϊνστάιν αντιμετωπίζει το σύμπαν ως δυναμική ενότητα της ύλης με το χωρόχρονο, αλλά αδυνατεί να αντιμετωπίσει προβλήματα στα οποία τα κβαντικά φαινόμενα δεν μπορούν να αγνοηθούν. Μεθοδολογικά, το τετραδιάστατο χωροχρονικό συνεχές της γενικής σχετικότητας στέκεται στο έδαφος της κλασικής φυσικής και αντιμετωπίζει την κβάντωση ως άγνωστη λέξη!

Από την άλλη, η κβαντική θεωρία αντιμετωπίζει το ζήτημα του χρόνου ως απλή παράμετρο. Όσο επαναστατική είναι η κβαντική θεωρία στα άλλα ζητήματα, τόσο συντηρητική φαίνεται να είναι στο ζήτημα του χώρου και του χρόνου, όπου διατηρεί τη νευτώνεια αντίληψη. Όλες οι μετεξελίξεις της κβαντικής θεωρίας, όπως η κβαντική θεωρία πεδίου (ο συνδυασμός της κβαντικής θεωρίας με την ειδική σχετικότητα) και η θεωρία χορδών (string theory), αντιμετωπίζουν το χώρο και το χρόνο ως συνεχείς και μη κβαντωμένους.

Παρά τις διαφορές τους, και η γενική σχετικότητα και η κβαντική θεωρία αντιμετωπίζουν το χρόνο ως συνεχή, ενώ συγχρόνως και από τις δυο διαφεύγει το λεγόμενο «βέλος του χρόνου». Αν και όλες οι εξελίξεις στη φύση είναι μη αντιστρέψιμες, στις εξισώσεις και των δύο θεωριών ο χρόνος είναι τυπικά αντιστρέψιμος. Αυτός είναι ένας πρόσθετος λόγος που υποβάλλει την ανάγκη μιας ενοποιημένης φυσικής θεωρίας.

Πρόσφατες φυσικές θεωρίες, όπως η θεωρία βρόχων (loop theory), φιλοδοξούν να δώσουν απαντήσεις που να πηγαίνουν πέρα από τα όρια του τετριμμένου στο ζήτημα του χρόνου. Σύμφωνα με έναν από τους υποστηρικτές της, τον Lee Smolin, η κβάντωση του χώρου και του χρόνου λαμβάνεται ως αφετηρία σε μια προσπά-

θεια θεμελίωσης μιας φυσικής των διαδικασιών και όχι στατικών αντικειμένων. Σύμφωνα με αυτή την αντίληψη, η έννοια της στιγμής με το αριστοτελικό νόημα απορρίπτεται. Η έμφαση δίδεται στο γίνεσθαι, στις διαδικασίες που ακολουθούν η μια την άλλη με αιτιώδη αναγκαιότητα.²⁷

Υπάρχουν δισεπίλυτα προβλήματα σ' αυτή την προσπάθεια, που σε ένα σημείο υποχρεώνεται να υποστηρίξει τη διάδοση του φωτός με ταχύτητες λίγο μεγαλύτερες από την τιμή της σταθεράς c .

Με την αποδοχή της κβάντωσης –και της ασυνέχειας– του χρόνου και του χώρου μια σειρά προβλήματα ανακύπτουν. Λόγου χάριν, ο Ευτύχης Μπιτσάκης²⁸ προβάλλει την ένσταση, ανάμεσα στ' άλλα, ότι αν η μεταβλητή του χρόνου δεν είναι συνεχής, η παραγωγή γίνεται αδύνατη, με συνέπεια να γίνεται αδύνατη η περιγραφή των φυσικών νόμων με διαφορικές εξισώσεις.

Ωστόσο, πρέπει να επισημάνουμε πως όχι μόνο στον κόσμο της φυσικής, αλλά και στα «καθαρά» μαθηματικά η έννοια της συνέχειας αμφισβητείται πλέον έντονα. Στην πραγματικότητα, η έννοια του συνεχούς κληροδοτήθηκε στα μαθηματικά από τη γεωμετρία του Ευκλείδη, η οποία με τη σειρά της βασίζεται στους κανόνες λογικής του Αριστοτέλη. Η συνέχεια είναι βασική προκείμενη της σκέψης του Αριστοτέλη και του Ευκλείδη. Αυτή η διαισθητικά δοσμένη έννοια μεταφέρθηκε στα μαθηματικά χωρίς αυστηρή θεμελίωση. Κατ' ουσίαν, η αποδοχή της συνέχειας μιας καμπύλης έγινε διαισθητικά, όπως και το γνωστό 5ο αίτημα του Ευκλείδη, το αξίωμα της ύπαρξης μιας μόνο παραλλήλου από ένα σημείο εκτός ευθείας. Οι προσπάθειες απόδειξης του αιτήματος οδήγησαν στην ανάπτυξη μη ευκλείδειων γεωμετριών, εκ των οποίων η γεωμετρία του Riemann είναι το εργαλείο για τη γενική σχετικότητα. Παλαιότερα ήταν σύνηθες να θεμελιώνονται τα μαθηματικά πάνω σε προτάσεις της γεωμετρίας οι οποίες ήταν διαισθητικά δοσμένες αλλά μη αυστηρά θεμελιωμένες. Αλλά «η θεμελίωσις της Γεωμετρίας παρουσιάζει τας autάς δυσκολίας (ή μάλλον μεγαλύτερας) με την θεμελίωσιν των πραγματικών αριθμών», παρατηρούσε ο καθηγητής Δημ. Κάππος.²⁹ Μετά το 1908 τα μαθηματικά οικοδομούνται στη βάση της θεωρίας των συνόλων που ο Cantor ανέπτυξε και την οποία ο Zermelo θεμελίωσε αυστηρά και αξιωματικά.

Όπως αποδεικνύουν σύγχρονες μαθηματικές έρευνες, «η υπόθεση του συνεχούς είναι ένα αμφισβητήσιμο θέμα σχετικά με την ευθεία γραμμή. Αυτό είναι αλήθεια κατά δυο τρόπους. Σαν μαθηματικό θεώρημα, το συνδυασμένο έργο των Godel και Cohen είναι μια πρόταση σχετικά με το αξιωματικό σύστημα των Zermelo-Fraenkel-Skolem. Έχει αποδειχθεί ότι ούτε η υπόθεση του συνεχούς, ούτε η άρνησή του μπορούν να αποδειχθούν από αυτά τα αξιώματα», σημειώνουν οι P.J. Davis-R. Hersh.³⁰

Συμπέρασμα

Στο διάβα του χρόνου, από την εποχή των αρχαίων Ελλήνων μέχρι σήμερα, η φιλοσοφία αρχικά και η επιστήμη στη συνέχεια έχουν πραγματοποιήσει τεράστια πρόοδο στη γνώση της φύσης του χρόνου. Παρ' όλ' αυτά, οι έννοιες του χρόνου, του χώρου και της κίνησης φαίνονται να είναι όχι λιγότερο αντιφατικές απ' όσο ήσαν στην αρχαία Ελλάδα.

Η απάντηση στα ερωτήματα που ανακύπτουν, κατά τη γνώμη μας, δεν μπορεί να δοθεί στη βάση των κανόνων της τυπικής λογικής. Όπως ήδη σημειώσαμε, από τις αρχές του 20ού αιώνα η κβαντική επανάσταση σηματοδότησε μια ισχυρή πρόκληση στις αρχές της τυπικής (αριστοτέλειας) λογικής, στην οποία στηρίζονται τα μαθηματικά. Η αποδοχή της διπλής φύσης του φωτός και γενικά οι αντιφατικές όψεις της πραγματικότητας του μικρόκοσμου ως ενότητας και ταυτότητας αντιθέτων μας υποχρεώνουν να προχωρήσουμε στην ανάπτυξη μιας διαλεκτικής των εννοιών που να αντανakλά τη λογική της αντιφατικά κινούμενης, συνεχώς και ασυνεχώς, φύσης.

Όπως η σωματιδιακή φύση του φωτός, που επανέφερε ο Αϊνστάιν, δεν απορρίπτει ως ψευδή την κυματική φύση του φωτός του Maxwell, αλλά την αναιρεί ενσωματώνοντάς την σε ένα ανώτερο επίπεδο –και κάλλιστα συνεχίζουμε να μελετάμε πλήθος φαινομένων με τις κυματικές εξισώσεις– μπορούμε να θεωρούμε το χρόνο (και το χώρο) υπό τη διπλή φύση τους ως αντιφατικές μορφές ύπαρξης της ύλης, συνεχείς και ασυνεχείς συγχρόνως.

Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να τονίσουμε ότι η ορθότητα ή μη της μιας ή της άλλης θεώρησης της φύσης, και της φύσης του χρόνου και του χώρου, θα έχει ως κριτή, όπως κάθε φυσική θεωρία από την εποχή του Νεύτωνα και εντεύθεν, το πείραμα και την αναπτυσσόμενη θεωρητική γνώση.

Παραπομπές

1. Dirk J. Struik, *Συνοπτική Ιστορία των Μαθηματικών*, Ι. Ζαχαρόπουλος, Αθήνα 1982, σ. 84.
2. P. J. Davis-R. Hersh, *Η Μαθηματική Εμπειρία*, Τροχαλία, Αθήνα.
3. Θ. Βέικος, *Οι Προσωκρατικοί, Δαίδαλος*, Αθήνα 1988, σ. 200.
4. Επίκουρος, *Θύραθεν*, Θεσσαλονίκη 2000, σ. 155.
5. Αριστοτέλης, *Φυσικής Ακροάσεως Δ*, Κάκτος, σ. 176, 220a 20.
6. Επίκουρος, *Προς Ηρόδοτον*, 62, Κάκτος, σ. 106-107.
7. Αριστοτέλης, *Φυσικής Ακροάσεως Ζ*, 232a 9.
8. Β.Ι. Λένιν, *Σημειώσεις πάνω στη Λογική του Χέγκελ*, εκδ. Ρινόκερως, σ. 47, και τ. 29 των *Απάντων*, σ. 125-126.
9. Lenin, *Collected works*, vol. 38, Progress Publishers, Moscow 1972, σ. 257-258, και Λένιν, *Άπαντα*, τ. 29, Σύγχρονη Εποχή, σ. 231.

10. Fr. Engels, *Anti-Dühring*, μτφρ. από τα αγγλικά, <http://www.marxists.org/archive/marx/works/1877/anti-duhring>, ελλ. μτφρ. εκδ. Αναγκωστήδης, σ. 180.
11. Morris Kleine, *Τα Μαθηματικά στο Δυτικό Πολιτισμό*, Κώδικας, Αθήνα, τ. 1, σ. 33.
12. Ακαδημία Επιστημών ΕΣΣΔ, *Παγκόσμια Ιστορία της Φιλοσοφίας*, Επιστημονικός Κόσμος, Αθήνα 1958, σ. 262.
13. Peter Brown, *Ο Κόσμος της Ύστερης Αρχαιότητας*, μτφρ. Ελένη Σταμπόγλη, Αλεξάνδρεια, Αθήνα 1998, σ. 78.
14. Αλέξανδρος Κουρέ, *Από τον Κλειστό Κόσμο στο Άπειρο Σύμπαν*, Ευρύαλος, Αθήνα 1989.
15. Max Jammer, *Έννοιες του Χώρου*, Π.Ε.Κ., Ηράκλειο 2001, σ. 87.
16. Mosse Maimonides, *The guide for perplexed*, London.
17. A.C. Crombie, *Από τον Αυγουστίνο στον Γαλιλαίο*, ΜΙΕΤ, Αθήνα, τ. Β, σ. 49.
18. Struik, ό.π., σ. 84.
19. Αϊνστάιν, 1905, *annus mirabilis*, μτφρ.-επιστ. επιμ. Νίκος Ταμπάκης, Γκοβόστης, Αθήνα.
20. A. Einstein-L. Infeld, *Η εξέλιξη των Ιδεών στη Φυσική*, μτφρ.- συμπλ. Ευτ. Μπιτσάκης, Δωδώνη, Αθήνα 1978.
21. Max Jammer, ό.π., σ. 255.
22. Ε. Μπιτσάκης, *Η Δυναμική του Ελάχιστου*, Δαίδαλος, Αθήνα 42003, σ. 127.
23. Ευτύχης Μπιτσάκης, *Η Φύση στη Διαλεκτική Φιλοσοφία*, Σύγχρονη Εποχή, Αθήνα 1974, σ. 181.
24. Tony Hey-Patrick Walters, *Το νέο Κβαντικό Σύμπαν*, Κάτοπτρο, Αθήνα 2005, σ. 130.
25. Raymond A. Serway-Clement J. Moses-Curt A. Moyer, *Σύγχρονη Φυσική*, Π.Ε.Κ., Ηράκλειο 2000, σ. 235.
26. Gilles Cohen-Tannoudji, *Οι Παγκόσμιες Σταθερές*, Κάτοπτρο, Αθήνα 1993.
27. Lee Smolin, *Τρεις Δρόμοι προς την Κβαντική Βαρύτητα*, Κάτοπτρο, Αθήνα 2002.
28. Ευτύχης Μπιτσάκης, *Η Δυναμική του Ελάχιστου*, ό.π., Αθήνα 2003.
29. Δημήτριος Κάππος, *Απειροστικός Λογισμός*, τ. Α, Αθήναι 1962, σ. 35.
30. P. J. Davis-R. Hersh, *Η Μαθηματική Εμπειρία*, Τροχαλία, Αθήνα, σ. 167-168.



Δημ. Σεβαστάκης, Ο πρώτος Μάρτιος πράσινος, 2000



Δημ. Σεβαστάκης, Βαθιά ησυχία κωπηλατεί μες στα ίδια τα νερά της, 1995-2000