

Συζήτηση για τη Μεγάλη Έκρηξη

Στο τεύχος 53 της *Ουτοπίας* δημοσιεύθηκε άρθρο του καθηγητή κ. Αντωνόπουλου, με θέμα κριτική της υπόθεσης της Μεγάλης Έκρηξης. Δημοσιεύουμε σήμερα κριτικές παρατηρήσεις του Ανδρέα Θεοφίλου, διευθυντή ερευνών στο ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», καθώς και την απάντηση του κ. Αντωνόπουλου στα σχόλια του κ. Θεοφίλου. Και τα δύο κείμενα θέτουν γενικότερα προβλήματα. Συνελπώς, οι στήλες της *Ουτοπίας* θα φιλοξενούσαν ευχαρίστως κείμενα που θα φώτιζαν περαιτέρω τα σχετικά προβλήματα.

Ανδρέας Κ. Θεοφίλου

Θεωρητική Φυσική και Μεγάλη Έκρηξη

Σχόλια στο άρθρο του Κων. Αντωνόπουλου

Η σύγχρονη Θεωρητική Φυσική, μαζί με τα νεώτερα μαθηματικά βάσει των οποίων θεμελιώνεται, αποτελεί ένα από τα πιο ανστηρά εδραιωμένα οικοδομήματα της σύγχρονης επιστήμης. Έτσι, με βάση τη Κβαντική Μηχανική είναι δυνατόν σήμερα να προσδιορίσουμε όλες τις ιδιότητες των ατόμων, των μορίων και των στέρεων. Οι δυσκολίες που υπάρχουν, όσον αφορά το υπολογιστικό μέρος, άρχισαν να ξεπερνιούνται με βάση νέες μαθηματικές μεθοδολογίες, που συνεχώς αναπτύσσονται. Και όσον αφορά την ακρίβεια σε σχέση με τα πειραματικά δεδομένα, τίποτα δεν βρέθηκε μέχρι τώρα που να αποκλίνει από την Κβαντική Μηχανική. Ήδη, με βάση την Κβαντική Μηχανική, μπορούμε να παρακολουθήσουμε πώς δυο μόρια, όταν πλησιάζουν το ένα το άλλο, αρχίζουν να αποδομούνται, σχηματίζοντας σταδιακά νέα ευσταθή συγκροτήματα, δηλαδή νέα μόρια. Έτσι μπορούμε να παρακολουθήσουμε τις μικροσκοπικές διεργασίες που γίνονται στις χημικές αντιδράσεις, συμπεριλαμβάνοντας ακόμη και το περιβάλλον τους, όπως π.χ. είναι μόρια νερού ή καταλυτών.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι ουσιαστικά η Χημεία σήμερα εντάσσεται στη Φυσική και αποτελεί έναν από τους πιο δυναμικούς τομείς της, στην οποία εργάζονται χιλιάδες ερευνητές, φυσικοί, μαθηματικοί, χημικοί, αλλά και βιολόγοι. Πράγματι, χάρις στις νέες μαθηματικές τεχνικές επίλυσης του κβαντομηχανικού προβλήματος, που ουσιαστικά ανάγεται σε πρόβλημα ελαχίστου, άρχισαν να μελετούνται μεγάλα μόρια, ακόμη και το DNA. Οι επιτυχίες στη Βιολογία είναι κατ' ανάγκη περιορισμένες, μια και δεν υπάρχει αρκετή πείρα για μεγάλα μόρια, που θα διευκόλυνε τους αριθμητικούς υπολογισμούς και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στη Φυσική των υποατομικών σωματιδίων ή Φυσική υψηλών ενεργειών, όπως συνήθως ονομάζεται, οι επιτυχίες είναι εξίσου εντυπωσιακές, ιδιαίτερα όσον αφορά τα ποιοτικά συμπεράσματα, όπως είναι η ύπαρξη νέων υποατομικών σωματιδίων. Στον τομέα αυτό όμως η Φυσική βρίσκεται ακόμη στο στάδιο της αναζήτησης. Οι υπό δοκιμή θεωρίες (μοντέλα) είναι πολλές και συνήθως ερμηνεύουν μέρος μόνο των πειραματικών δεδομένων, αλλά, ακόμη και στην περίπτωση που τα ερμηνεύουν όλα, η ζωή αυτών των μοντέλων είναι αρκετά εφήμερη, ένεκα του περιορισμένου αριθμού τους. Έτσι, νέα πειραματικά δεδομένα ανατρέπουν τα παλιά μοντέλα. Ένεκα του μεγάλου κόστους των πειραμάτων αυτών, καθότι απαιτούνται συνεχώς πιο ισχυροί επιταχυντές, την τελευταία δεκαετία άρχισαν να αναζητούν δεδομένα που προέρχονται από αστρονομικές παρατηρήσεις, μια πιο οικονομική μεθοδολογία.

Στη διατύπωση των φυσικών θεωριών, δεν λείπουν οι ιδεολογικές προκαταλήψεις. Κλασικό παράδειγμα η Σχολή της Κοπεγχάγης στην Κβαντική Μηχανική, που σήμερα οι απόψεις της θεωρούνται, όχι μόνο από απόψεως Φυσικής, αλλά και Μαθηματικών, απαράδεκτες. Παρ' όλα αυτά, στα περισσότερα πανεπιστημιακά εγχειρίδια εμφανίζεται αποκλειστικά και μόνο η ερμηνεία της σχολής αυτής, μια και κάποτε επικράτησε, λόγω του ότι εξυπηρετούσε ιδεολογικές σκοπιμότητες, αφού αντιπαράτιθετο προς την υλιστική άποψη. Και ενώ σήμερα η Κβαντική Μηχανική είναι θεμελιωμένη αυστηρά, χωρίς μαθηματικές αντινομίες και χωρίς φυσικά παράδοξα, σχεδόν όλα τα άρθρα των φιλοσόφων ασχολούνται με τα φυσικά παράδοξα και τις μαθηματικές αντινομίες της παλιάς, μη αυστηρά θεμελιωμένης Κβαντικής Μηχανικής. Έτσι μιλούν για ιδιοτιμές των τελεστών θέσης στις ιδιοκαταστάσεις των οποίων ο παρατηρητής (πειραματιστής) φέρνει το φυσικό σύστημα του οποίου θέλει να προσδιορίσει τη θέση, ενώ στο χώρο Hilbert, που είναι θεμελιωμένη η Κβαντική Μηχανική, αυτός ο τελεστής δεν έχει καθόλου ιδιοτιμές. Μιλούν δηλαδή για κάτι που δεν υπάρχει. Παράδειγμα της ιδεολογικής επιβάρυνσης αποτελεί η ανισότητα του Heisenberg, που ο ίδιος ονόμασε αρχή της αβεβαιότητας, που είναι έννοια μη Φυσική και δεν έχει σχέση με το φυσικό περιεχόμενο της ανισότητας αυτής, που ουσιαστικά μας λει ότι το ελάχιστο της κινητικής ενέργειας ενός σωματιδίου μεγαλώνει όσο πιο πολύ περιορίζουμε το χώρο στον οποίο κινείται¹.

Η εκλαΐκευση μιας επιστημονικής θεωρίας δεν είναι εύκολη υπόθεση. Οι έννοιες που έχουν αναπτυχθεί για τη διατύπωση των θεωριών αυτών δεν είναι προσιτές σε αυτούς που δεν έχουν μαθηματική παιδεία. Για τη διατύπωση της Κβαντικής Μηχανικής είναι απαραίτητη η κατανόηση των χώρων Hilbert, που είναι διανυσματικοί χώροι απείρων διαστάσεων με ειδικές τοπολογικές ιδιότητες, οι οποίοι είναι δύσκολο να κατανοηθούν από έναν που δεν έχει ενδιαφέρει στα σύγχρονα μαθηματικά. Έτσι, αν και για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των χώρων αυτών χρησιμοποιούνται έννοιες που εκφράζονται με λέξεις της καθημερινότητας, όπως είναι η πληρότητα και η διαχωριστικότητα, ο αυστηρός μαθηματικός ορισμός των εννοιών αυτών ελάχιστη σχέση έχει με τις έννοιες της πληρότητας και διαχωριστικότητας που χρησιμοποιούμε στη γλώσσα της καθημερινότητας. Έτσι η Φυσική και τα Μαθηματικά αναπτύσσουν τη δική τους γλώσσα, ώστε να μπορούν να διατυπώσουν με σαφήνεια και συντομία το περιεχόμενο των θεωριών τους.

1. Μια ποσοτική διατύπωση της σχέσης αυτής είναι: $E_{\text{kin}} R > 3h^2/(8M)$, όπου E_{kin} = Κινητική ενέργεια, R ακτίνα της σφαίρας στην οποία περιορίζεται η κίνηση ενός σωματιδίου ένεκα εξωτερικών δυνάμεων, M μάζα του σωματιδίου και h η σταθερά του Planck.

Η γλώσσα αυτή, που αναπτύσσεται συνεχώς από τις μαθηματικές και φυσικές επιστήμες, σίγουρα δεν είναι προσιτή στον κοινό άνθρωπο, που τα Μαθηματικά και η Φυσική του περιορίζονται σε αυτά του Λυκείου. Έτσι, οι απόπειρες εκλαΐκευσης κατ' ανάγκη δίνουν τη δυνατότητα για να περάσουν τα οποιαδήποτε μηνύματα επιθυμεί ο εκλαΐκευτής είτε για να βάλει το θεό από την πίσω πόρτα ή το διάβολο από το παράθυρο. Εξάλλου, λίγοι εκλαΐκευτές γνωρίζουν σε βάθος το αντικείμενο της εκλαΐκευσης. Και μια και το παράδοξο πάντα προσελκύει, καθότι είναι κάτι μη αναμενόμενο, η επίκληση παραδόξων είναι ευπρόσδεκτη. Έτσι, έννοιες που αντιφάσκουν προς την αριστοτέλεια λογική και τα σύγχρονα μαθηματικά δεν λείπουν. Κλασικό παράδειγμα η λεγόμενη αρχή του χρόνου που αντιβαίνει προς τη λογική, καθότι μπορεί πάντα να αναζητηθεί το πριν από την αρχή. Επίσης το ότι όλη η ύλη του σύμπαντος στην αρχή του χρόνου ήταν συγκεντρωμένη σε ένα σημείο αντιβαίνει προς τις βασικές αρχές της Κβαντικής Μηχανικής, μια και δεν μπορεί ποτέ να μιλάμε για κατάσταση που περιγράφεται σε μηδενικό όγκο. Έτσι, σε αυτό το θέμα πολύ σωστά κάνει την κριτική του ο κ. Κ. Αντωνόπουλος. Άλλο όμως να κάνουμε κριτική σε μια θεωρία ή στην εκλαΐκευτική της παρουσίαση και άλλο να διαγράφουμε συλλήβδην όλη τη Θεωρητική Φυσική και μαζί όλους τους θεωρητικούς φυσικούς, ότι είναι επιρροεείς στην αποδοχή ασυναρτησιών και προτάσεων που δεν έχουν λογική αυτοσυνέπεια.

Η *Ουτοπία*, επειδή θεωρεί το θέμα αυτό σημαντικό, το 1999 οργάνωσε συμπόσιο με θέμα τη σύγχρονη Κοσμολογία και τη Μεγάλη Έκρηξη, στο οποίο παρουσιάστηκαν διάφορες απόψεις που στη συνέχεια δημοσιεύθηκαν. Έτσι μπορεί να δει κανείς ότι η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης από μερικούς απορρίπτεται εντελώς, ενώ από άλλους θεωρείται σαν ένα μοντέλο προσέγγισης των σημερινών αστρονομικών δεδομένων, άλλων με ικανοποιητική ακρίβεια και άλλων καθόλου. Όσον αφορά τις απόψεις για την ύλη που ήταν συγκεντρωμένη σε ένα μαθηματικό σημείο στη χρονική στιγμή 0, κανένας δεν την αποδέχθηκε, ούτε και οι σύγχρονοι επαγγελματίες θεωρητικοί φυσικοί τη δέχονται. Δυστυχώς τη δέχονται πολλοί πειραματικοί αστρονόμοι και αυτή είναι η πιο δημοφιλής άποψη σχεδόν σε όλα τα εκλαΐκευτικά βιβλία. Ας μην ταυτίζουμε λοιπόν όλους τους κοσμολόγους με τους εκλαΐκευτές.

Ο κύριος Αντωνόπουλος στο άρθρο του αναφέρεται στο πρόβλημα του φυσικού χώρου που θεωρείται ότι έχει πεπερασμένη ακτίνα, καμπυλότητα κ.λπ. Πράγματι, δεν μας εμποδίζει τίποτα να θεωρήσουμε το χώρο μας ότι εκτείνεται στο άπειρο και ότι δεν συνδέεται με το χωροχρόνο και την ύλη που έχει μάζα. Μπορούμε, όπως λεμε στη Φυσική, να χρησιμοποιήσουμε οποιοδήποτε σύστημα αναφοράς. Αν απαιτήσουμε όμως να έχουμε ομοιομορφία των νόμων της Φυσικής, τότε η επιλογή του χωροχρόνου έχει ιδιαίτερη φυσική σημασία. Για παράδειγμα, αν θέλουμε να περιγράψουμε τα φαινόμενα του Ηλεκτρομαγνητισμού με τις ίδιες εξισώσεις (εξισώσεις Maxwell), είτε είμαστε στη γη είτε ταξιδεύουμε με ένα καράβι ή ένα αεροπλάνο, τότε θα πρέπει να θεωρήσουμε ένα άλλο χωροχρονικό σύστημα, δηλαδή ένα σύστημα συντεταγμένων στο οποίο ο χώρος και ο χρόνος συνδέονται με μια ψευδομετρική. Έτσι η μορφή των εξισώσεων του Ηλεκτρομαγνητισμού σε αυτό το χωροχρονικό σύστημα διατηρείται, ενώ στο παλιό, που θεωρούμε έναν ευκλείδειο τρισδιάστατο χώρο και το χρόνο ανεξάρτητο, αλλάζει μορφή. Βέβαια, εφόσον ο φυσικός χώρος πρέπει να είναι κατάλληλος για όλα τα φυσικά φαινόμενα, ο ίδιος χώρος πρέπει να είναι κατάλληλος και για την περιγραφή της κίνησης των υλικών σωματιδίων (Νόμος του Νεύτωνα). Για το σκο-

πό αυτό, ο Einstein ανέπτυξε τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας, στην οποία η μετρική του χώρου συνδέεται με την κατανομή των υλικών μαζών. Αποτέλεσμα της θεωρίας αυτής είναι ότι μια ακτίνα φωτός δεν ακολουθεί την ευκλείδεια ευθεία, αλλά την ευθεία (γεωδειακή) όπως ορίζεται στο νέο χωροχρόνο. Πράγματι, επαληθεύτηκε από αστρονομικές παρατηρήσεις ότι, όταν μια ακτίνα φωτός περνάει από κοντά σε έναν πλανήτη μεγάλης μάζας, δεν ακολουθεί την ευκλείδεια ευθεία, αλλά καμπυλώνεται. Τίποτα επομένως δεν μας εμποδίζει να χρησιμοποιούμε τον ευκλείδειο χώρο, μόνο που οι εξισώσεις της Φυσικής αποκτούν δραματικά πολύπλοκη μορφή, ώστε όχι μόνο να μην μπορούμε να τις λύσουμε, αλλά δεν μπορούμε καν να εξαγάγουμε εύκολα φυσικά συμπεράσματα. Βέβαια θα ισχυριστεί κανείς ότι ποτέ δεν είδε αυτή την άποψη γραμμένη. Δυστυχώς, αυτή η άποψη σπάνια αναφέρεται και λίγοι εκλαϊκευτές της Φυσικής τη γνωρίζουν.

Όσον αφορά τις παρατηρήσεις του κύριου Αντωνόπουλου για τη γλώσσα, παρότι έχει κάποιο δίκιο για την κακομεταχείρισή της, θα ήθελα να επισημάνω ότι μια γλώσσα δεν είναι στατική, εφόσον χρησιμοποιείται στο γραπτό η προφορικό λόγο, αλλά αποτελεί δυναμικό σύστημα που αναπτύσσεται συνεχώς, με κάποια αλλαγή του εννοιολογικού περιεχομένου των λέξεων. Κλασικό παράδειγμα είναι πολλές αρχαιοελληνικές λέξεις που στη νεοελληνική έχουν αλλάξει νόημα, π.χ. γαμώ που σημαίνει παντρεύομαι στα αρχαία, σέβομαι=φοβάμαι στα αρχαία, αγαθός=καλός στα αρχαία. Στη σύγχρονη Φυσική και τα Μαθηματικά δημιουργούμε νέες έννοιες χρησιμοποιώντας παλιές λέξεις, όπως π.χ. είναι οι λέξεις άνυσμα, αναπαράσταση (στη θεωρία της συμμετρίας), ομάδα (που εδώ δεν εννοούμε ποδοσφαιρική ομάδα), έννοια που χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τις συμμετρίες π.χ. ενός κανονικού πολυγώνου, ενώ η λέξη χώρος δεν υπονοεί το φυσικό χώρο, αλλά ένα σύνολο σημείων που η σχέση μεταξύ τους καθορίζεται από άλλες μαθηματικές έννοιες, όπως είναι η έννοια της απόστασης. Έτσι η επιστήμη εισάγει νέες έννοιες που σταδιακά διεισδύουν στην καθομιλούμενη γλώσσα, όπως π.χ. είναι η έννοια του λογισμικού, της παραγωγού, του ολοκληρώματος, που παλιότερα ήταν κτήμα μόνο των «μημένων», ενώ σήμερα αποτελούν γνώριμες λέξεις σχεδόν σε όλους τους αποφοίτους Λυκείου. Και βέβαια δημιουργία νέων εννοιών έχουμε και στις κοινωνικές επιστήμες.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η γλώσσα της καθημερινότητας βρίσκεται σε συνεχή ανάπτυξη και κάνει δυνατή την κατανόηση επιστημονικών και κοινωνικών θεμάτων που παλιότερα ήταν ακατανόητα στο μέσο άνθρωπο ή, για τη στοιχειώδη κατανόησή τους, απαιτούνταν πολλές σελίδες αντί μιας γραμμής. Έτσι, π.χ., παλιότερα η πρόταση ότι οι γεννήσεις σε μια πόλη είναι τριεσήμισι παιδιά το χρόνο, θα δημιουργούσε την απορία για τη δυνατότητα της γέννησης μισού παιδιού, κάτι το αδιανόητο, που θα είχε ως συνέπεια την απορία του μη εξοικειωμένου με τη Στατιστική. Σήμερα όμως τέτοιες έννοιες ανήκουν στην καθημερινότητα.

Με την ευκαιρία των παραπάνω, σημειώνουμε ότι μια έννοια μπορεί να αποδίδει έμμεσα την πραγματικότητα, όπως π.χ. η έννοια δυόμισι παιδιά. Αυτό είναι ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της Κβαντικής Μηχανικής, όπου η έννοια της κατάστασης που φορμαλιστικά αναπαριστάται (αντιπροσωπεύεται) από ένα σημείο σε ένα χώρο Hilbert, που τέτοιο είναι π.χ. μια τετραγωνικά ολοκληρώσιμη κυματοσυνάρτηση, δεν αντιπροσωπεύει κανένα μετρήσιμο μέγεθος της φυσικής πραγματικότητας, αλλά όλα τα φυσικά μετρήσιμα μεγέθη προκύπτουν

με έμμεσο τρόπο από αυτό το μαθηματικό αντικείμενο που ονομάζουμε κατάσταση. Εδώ ξεφεύγουμε εντελώς από την κλασική θεωρία των μετρήσιμων μεγεθών που έχουν άμεση σχέση με την εμπειρία. Βέβαια αυτό δεν γίνεται γιατί θέλουμε σώνει και καλά να οικοδομήσουμε μια Φυσική που δεν καταλαβαίνει ο λαός, αλλά λόγω των ίδιων των απαιτήσεων της επιστήμης. Έτσι μπορεί να έχουμε ένα νοητικό οικοδόμημα χωρίς αντινομίες, που μας επιτρέπει να προχωρήσουμε στην παραγωγή θεωρημάτων, μέσω των οποίων μπορούμε να διευκολύνουμε τη διερεύνηση και τον υπολογισμό των φυσικών συστημάτων, ακριβώς όπως η Ευκλείδεια Γεωμετρία έκανε για το φυσικό (ευκλείδειο) χώρο.