

Θεωρίες της σχετικότητας: Μια διαλεκτική προσέγγιση*

Πέρασε ένας αιώνας από το «θαυμαστό έτος» 1905. Από τη χρονιά δηλαδή που ο ει-κοσιπεντάχρονος Αϊνστάιν: 1) Ερμήνευσε το φαινόμενο Μπράουν. 2) Ερμήνευσε το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, αποδεικνύοντας ότι το φως όχι μόνον εκπέμπεται, αλλά και διαδίδεται κατά ασυνεχείς ποσότητες, ανοίγοντας, μετά τον Πλανκ, το δρόμο για τη δημιουργία της κβαντικής μηχανικής. 3) Δημιούργησε την ειδική θεωρία της σχετικότητας, ως υπέρβαση της αντίφασης της κλασικής μηχανικής με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία. 4) Απέδειξε, με την περίφημη εξίσωση $E = mc^2$, την ποσοτική σχέση ανάμεσα σε δύο βασικά κατηγορήματα της ύλης: τη μάζα και την ενέργεια.

Η θεωρία της σχετικότητας και η περίπου ταυτόχρονη διατύπωση της κβαντικής μηχανικής αποτέλεσαν τη διαλεκτική υπέρβαση της κρίσης της κλασικής-νευτώνειας φυσικής. Συγκεκριμένα: Με τη διατύπωση της μηχανικής, σε πρώτη μορφή από τον Νεύτωνα, και στη γενική της μορφή από τον Λαγκράνζ, τον Χάμιλτον και άλλους, της Ουράνιας Μηχανικής από τον Νεύτωνα, τον Λαπλάς κ.ά., της μηχανικής θεωρίας της θερμότητας και αργότερα του ηλεκτρομαγνητισμού από τον Μάξγουελ, η κλασική φυσική φαινόταν, στα μάτια των τότε φυσικών, ότι άγγιζε τα όρια μιας «τελικής θεωρίας» (Η ιδεολογία της «τελικής θεωρίας» ή «της θεωρίας των πάντων» δεν είναι εύρημα της εποχής μας). Έμεναν βέβαια τα δυο «συννεφάκια» του Λόρδου Κέλβιν, γεγονός που δεν αμαύρωνε την πίστη στη δυνατότητα μιας «τελικής θεωρίας». Αλλά η επανάσταση θα ξεκινούσε ακριβώς από αυτά τα δυο «συννεφάκια».

Οι θεωρίες του Αϊνστάιν, δηλαδή η ειδική και η γενική σχετικότητα (1905, 1916), καθώς και η κβαντική μηχανική αποτέλεσαν τη μεγάλη επανάσταση των αρχών του 20ού αιώνα, η οποία, ως η διαλεκτική άρνηση και υπέρβαση της μηχανιστικής κοσμοαντίληψης, δημιούργησε μια νέα, υλιστική και διαλεκτική κοσμοεικόνα. Τα θεμέλια της προ-σχετικιστικής φυσικής: συμπαγή και άφθαρτα άτομα, απόλυτος χώρος και χρόνος, αλληλεπιδράσεις με άπειρη ταχύτητα, μηχανιστική αιτιοκρατία, αποδείχτηκαν ιστορικά-γνωσιολογικά καθορισμένες προσεγγίσεις της φυσικής πραγματικότητας, καθορισμένες τόσο από τις δυνατότητες της παρατήρησης και του πειραματισμού, όσο και από τη δεσπόζουσα θρησκευτική και μηχανιστική ιδεολογία¹.

Ο Ε. Μπιτσάκης είναι ομότιμος καθηγητής Φιλοσοφίας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και άμισθος επίκουρος καθηγητής Θεωρητικής Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών.

* Μια πρώτη, περιορισμένη μορφή αυτού του κειμένου δημοσιεύτηκε στον συλλογικό τόμο *Μεγάλες Στιγμές της Φυσικής*, Έκδοση της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών, Αθήνα 2003.

Πώς κατανοήθηκε όμως εκείνη την εποχή η γένεση της «νέας φυσικής», δηλαδή οι σχετικιστικές θεωρίες, η αναδυόμενη ατομική φυσική, και η θεωρία των κβάντα; Από την πλειοψηφία των φυσικών κατανοήθηκε ως κρίση της φυσικής γενικά, και όχι ως ιστορική-διαλεκτική υπέρβαση της μηχανιστικής φυσικής. Γενικότερα, του μηχανιστικού κοσμοειδώλου. Ειδικά η θεωρία της σχετικότητας ερμηνεύθηκε: 1) Ως επιβεβαίωση του γνωσιολογικού σχετικισμού (όλα είναι σχετικά!). 2) Ως βάση για τη θεμελίωση ενός νέου ενεργητισμού (μετά τον κλασικό ενεργητισμό του Όσβαλντ), δηλαδή της αναγωγής της ύλης στην «άυλη» ενέργεια. 3) Με μαθηματικό πλαίσιο τη γενική θεωρία της σχετικότητας, διατυπώθηκαν διάφορα κοσμολογικά πρότυπα. Κατά το κυρίαρχο ή στάνταρ πρότυπο, της λεγόμενης «Μεγάλης Έκρηξης», το «Σύμπαν» δημιουργήθηκε πριν από 15 δις. χρόνια περίπου. Πέρα από τις προθέσεις των κοσμολόγων, δημιουργών και οπαδών, το πρότυπο αυτό θεωρήθηκε από πολλούς και ειδικά από την Καθολική Εκκλησία, αλλά και από ορθόδοξους ιερωμένους και στοχαστές, ως η επιστημονική απόδειξη της Δημιουργίας του κόσμου από τον Θεό.

Αλλά πρώτου περάσουμε στη συγκεκριμένη προσέγγιση της ερμηνείας των θεωριών του Αϊνστάιν, δεν θα ήταν ίσως άσκοπο να αναφερθούμε, εντελώς επιγραμματικά, στην έννοια του γνωσιολογικού σχετικισμού.

Ο γνωσιολογικός (και ο οντολογικός) σχετικισμός έχει τις ρίζες του σε ορισμένες φιλοσοφικές σχολές της αρχαίας Ελλάδας. Στα νεότερα χρόνια συνδέθηκε με την ανάπτυξη των επιστημών και κυρίως της Φυσικής. Στην περίοδο αυτή διακρίνουμε τρεις κυρίως τάσεις: Τον νεότερο εμπειρισμό (Χιουμ, Μαχ), κατά τον οποίον η πραγματικότητα περιορίζεται στο σύνολο των αισθητηριακών δεδομένων και –κατά συνέπεια– οι φυσικοί νόμοι δεν έχουν οντολογικό υπόβαθρο: εκφράζουν κανονικότητες που αντιστοιχούν στα αισθητηριακά δεδομένα. Η τάση αυτή ήταν ο πρόδρομος του νεότερου θετικισμού. Μια δεύτερη τάση αντιπροσωπεύεται από τον Τζωρτζ Μπέρκλεϋ. Στόχος του Ιρλανδού επισκόπου ήταν ο εξοστρακισμός της «επάρατης» ύλης, πηγής της ανθρώπινης ανηθικότητας! Ο Μπέρκλεϋ, με αφετηρία έναν εμπειρισμό παρόμοιο με του Χιουμ, κατέληξε σε ένα είδος υποκειμενικού ιδεαλισμού και από εκεί στο Θεό, πηγή των «ιδεών» που συνιστούν την άυλη πραγματικότητα. Τέλος, όσο και να φαίνεται παράδοξο, ο ορθολογιστής Καντ δεχόταν ότι η νόηση χωρίς τα αισθητηριακά δεδομένα είναι κενή. Αντίστοιχα, ότι η αίσθηση χωρίς τη νόηση είναι τυφλή. Αλλά παρά τη διαλεκτική αυτή διαίσθηση, ο Καντ υποστήριζε ότι η νόηση επιβάλλει τους νόμους της στη φύση, εξαιτίας της ύπαρξης των προεμπειρικών τύπων της αίσθησης (του χώρου και του χρόνου) και των επίσης προεμπειρικών κατηγοριών της νόησης (αιτιότητα κ.λπ.)².

Εδώ δεν θα επιμεινουμε στη φιλοσοφική συζήτηση. Με ποιο τρόπο λοιπόν οι θεωρίες του Αϊνστάιν τροφοδότησαν έναν σύγχρονο επιστημονικοφανή σχετικισμό; Και ποιες είναι στην πραγματικότητα οι σχέσεις σχετικού και απόλυτου σ' αυτές τις θεωρίες;

1. Το απόλυτο κοσμοείδωλο της Νευτώνειας Φυσικής

Η έννοια *σχετικότητα* ενυπάρχει στις πρώτες διατυπώσεις της Μηχανικής από τον Γαλιλαίο. Σύμφωνα με αυτή την αρχή, όπως είναι γνωστό, οι νόμοι της Φυσικής παραμένουν

αναλλοιώτοι όταν περνάμε από ένα αδρανειακό σύστημα σε άλλο*. Με άλλα λόγια διατηρούν την ίδια μορφή σε συστήματα που κινούνται με σχετική ομαλή, ευθύγραμμη κίνηση. Η αρχή αυτή, συνεπώς, είναι εξ ορισμού αρχή *μη σχετικότητας*. Δηλαδή αρχή ανεξαρτησίας των φυσικών νόμων από το σύστημα αναφοράς.

Η αρχή της σχετικότητας προϋποθέτει την ύπαρξη αδρανειακών συστημάτων, δηλαδή συστημάτων τα οποία υποτίθεται ότι κινούνται ευθύγραμμα και ομαλά ως προς τον απόλυτο χώρο. Αλλά η προϋπόθεση έπρεπε να αποδειχτεί και αποδείχτηκε εσφαλμένη σύμφωνα με τη θεωρία του Αϊνστάιν. Ας αγνοήσουμε όμως επί του παρόντος αυτό το γεγονός.

Περνάμε, όπως είναι γνωστό, από ένα αδρανειακό σύστημα σε άλλο, με βάση την ομάδα μετασχηματισμών που φέρει το όνομα του Γαλιλαίου**. Η ομάδα αυτή προϋποθέτει και περιλαμβάνει (όχι ρητά) όλα τα αξιώματα της μηχανιστικής Φυσικής: την αρχή της αδράνειας, το απόλυτο του χώρου και του χρόνου, την ύπαρξη αλληλεπιδράσεων με άπειρη ταχύτητα (τη *μη τοπικότητα*).

Η κλασική μηχανική, όπως είναι γνωστό, απέκτησε μια πρώτη, σχετικά ολοκληρωμένη, μορφή με το έργο του Νεύτωνα. Ο Νεύτων, ακολουθώντας σιωπηρά τη δημοκρίτεια παράδοση, δεχόταν ότι η ύλη αποτελείται από *σωμάτια* (δεν χρησιμοποίησε, για ευνόητους λόγους, τη λέξη *άτομα*) συμπαγή, αναλλοίωτα και τόσο σκληρά ώστε «καμία δύναμη να μην μπορεί να θραύσει αυτό που ο Θεός δημιούργησε συμπαγές κατά την πρώτη στιγμή της δημιουργίας»³. Τα άτομα, κατά τον Νεύτωνα, κινούνται στο χώρο, και με τους συνδυασμούς τους συγκροτούν τα υλικά σώματα. Τι είναι όμως χώρος; Πιστός στη μεταφυσική-ρεαλιστική φιλοσοφία του, ο Νεύτων διέκρινε τον σχετικό χώρο, ο οποίος ορίζεται ως προς κάποιο σύστημα αναφοράς από τον απόλυτο χώρο, ο οποίος υπάρχει ανεξάρτητος από την ύλη, ως άπειρο, κενό δοχείο, αισθητήριο του Θεού (*Sensorium Dei*). Ο απόλυτος χώρος του Νεύτωνα, ανεξάρτητος από την παρουσία της ύλης, ομογενής και ισότροπος***, είναι ένας ευκλείδειος χώρος. Η μετρική αυτού του χώρου είναι ορισμένη θετική****.

Αντίστοιχα, ο Νεύτων όριζε τον απόλυτο χρόνο, σε αντίθεση με τον σχετικό, ως μέγεθος που ρέει ομοιόμορφα, ανεξάρτητα από την ύλη και την κίνησή της, και που αντιστοιχεί στην πανταχού παρουσία του Θεού⁴.

Η Μηχανική του Νεύτωνα συνεπώς: 1) Είναι αιτιοκρατική. Οι αυτές αιτίες οδηγούν σε ταυτόσημα αποτελέσματα. Επιπλέον, οι νόμοι της φύσης είναι παγκόσμιοι. 2) Είναι *μη τοπική*. Με βάση την παραδοχή για την ύπαρξη «δυνάμεων από απόσταση», δηλαδή αλληλεπιδράσεων που μεταδίδονται με άπειρη ταχύτητα, συνάγεται ότι ένα σώμα επηρεάζει ένα άλλο ακαριαία. Χωρίς χρονική υστέρηση. Η ευκλείδεια μετρική προϋποθέτει, εξάλλου, την

* Αδρανειακό σύστημα: Ένα σύστημα το οποίο υποτίθεται ότι κινείται ομαλά ως προς τον απόλυτο νευτώνειο-ευκλείδειο χώρο, και στο οποίο γίνεται δεκτό ότι ισχύουν οι νόμοι της κλασικής φυσικής.

** Η ομάδα αυτή έχει τη μορφή: $x' = x - vt$, $y' = y$, $z' = z$, $t' = t$.

*** Ομογενής: έχει παντού τις ίδιες ιδιότητες. Ισότροπος: έχει τις ίδιες ιδιότητες προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

**** Ο θεμελιώδης μετρικός τανυστής του ευκλείδειου χώρου, γεωμετρικού πλαισίου της προσχετικιστικής φυσικής, έχει τη μορφή: $g_{\mu\nu} = \delta_{\mu\nu} = |1|$. Ο τανυστής αυτός προϋποθέτει το απόλυτο του χώρου και του χρόνου, την αμοιβαία ανεξαρτησία τους, καθώς και την ανεξαρτησία τους από την παρουσία της ύλης και της κίνησης. Δηλαδή προϋποθέτει ορισμένα από τα βασικά αξιώματα της νευτώνειας φυσικής.

αρχή της μη τοπικότητας. Συνεπώς, ρεαλισμός, αιτιοκρατία, και μη τοπικότητα ήταν τα βά-
θρα πάνω στα οποία δημιουργήθηκε το λαμπρό οικοδόμημα της Νευτώνειας Φυσικής.

Η Νευτώνεια Φυσική δέχεται λοιπόν την ύπαρξη αδρανειακών συστημάτων στα οποία ισχύουν οι νόμοι της μηχανικής. Οι νόμοι παραμένουν αναλλοίωτοι όταν περνάμε από ένα αδρανειακό σύστημα σε άλλο. Αλλά αδρανειακή κίνηση κατά τον Νεύτωνα σημαίνει κίνηση στον απόλυτο χώρο. Μπορούμε όμως να εντοπίσουμε κάποιο σύστημα αναφοράς, κάποιο προνομιούχο σημείο ακίνητο ως προς τον απόλυτο χώρο; Η ύπαρξη ενός τέτοιου αρχιμή-
δειου σημείου θα επέτρεπε τον ορισμό ενός προνομιούχου αδρανειακού συστήματος, και, κατά συνέπεια, μιας απειρίας ισοδύναμων συστημάτων. Είναι εντούτοις δυνατόν να ανα-
καλύψουμε ένα τέτοιο προνομιούχο σύστημα; Το ερώτημα είχε απασχολήσει τον Νεύτωνα, ο οποίος ήλπιζε ότι στην εξώτατη περιοχή των απλανών, ή ακόμα μακρύτερα, θα μπορούσε ίσως να βρεθεί το ζητούμενο απόλυτο σύστημα αναφοράς.

Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι ανακαλύφθηκε ένα σημείο ακίνητο ως προς τον απόλυτο χώρο. Ένα αρχιμήδειο σημείο. Στην περίπτωση αυτή ένας παντελόπτης Δαίμων, καθημέ-
νος στην αρχή των συντεταγμένων του συστήματος αναφοράς, θα επόπτευε το Σύμπαν και θα αποκτούσε γνώση της δομής και των απόλυτων κινήσεων της ύλης. Όπως θα έγραφε αρ-
γότερα ο Λαπλάς, πνεύμα αρκετά ευρύ ώστε να μπορεί να συλλάβει το σύνολο των ατόμων του Σύμπαντος, τις κινήσεις και τις δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν, θα μπορούσε όχι μόνο να προβλέψει την εξέλιξή του, αλλά και να ανασυστήσει το παρελθόν του, με βάση τις εξισώσεις της Μηχανικής⁵. Πρόκειται για έναν ακραίο μηχανιστικό αναγωγισμό, ο οποίος επιχειρεί να αναγάγει την πολυμορφία της φύσης σε δομές και σε κινήσεις σωμα-
τίων που έχουν ως μοναδικό τους κατηγορημα τη μάζα. (Το γαλιλαϊκό σωματίο, ως γνω-
στόν, ακραίο προϊόν αφαίρεσης, στερείται οποιωνδήποτε ιδιοτήτων, πλην της αδράνειας, μέτρο της οποίας είναι η μάζα.)

Η μεγαλειώδης αυτή προοπτική θα οδηγούσε, όπως σημειώσαμε, στην απόλυτη γνώση. Ήταν όμως δυνατόν να διαπιστωθεί η ύπαρξη του απόλυτου, αρχιμήδειου σημείου; Είναι γνωστή η υπόθεση του αιθέρα, ο οποίος ταυτιζόταν με τον απόλυτο χώρο, το πλήθος των ευφυών υποθέσεων για τη φύση του, και η τελική πειραματική απόδειξη της ανυπαρξίας του. Το σημείο αυτό αποτέλεσε την αφετηρία της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας. Αλλά η διάψευση του μηχανιστικού αναγωγισμού συνεπάγεται αναπόφευκτα τον γνωσιολογικό και τον οντολογικό σχετικισμό; Θα προσπαθήσω να θεμελιώσω μια αρνητική απάντηση.

2. Το σχετικό και το απόλυτο στην ειδική θεωρία της σχετικότητας

Ας υποθέσουμε ότι η Γη κινείται μέσα στον ακίνητο ωκεανό του αιθέρα. Θα μπορούσα-
με τότε να διαπιστώσουμε την απόλυτη κίνηση της με πειράματα σχετικά με την ταχύτητα του φωτός. Πράγματι, σύμφωνα με την αρχή της πρόσθεσης των ταχυτήτων, η ταχύτητα του φωτός ως προς ένα αδρανειακό σύστημα θα εξαρτιόταν από τη σχετική κίνηση πηγής-
συστήματος αναφοράς. Θα είχαμε δηλαδή $c' = c \pm v$. Αλλά το πείραμα των Μάικελσον-
Μόρλυ διέψευσε αυτή την πρόβλεψη: η ταχύτητα φωτός στο κενό είναι πάντοτε ίση με c , ανεξάρτητη από τη σχετική κίνηση πηγής-«παρατηρητή».

Η υποτιθέμενη απόλυτη κίνηση της Γης δεν ήταν δυνατόν να διαπιστωθεί. Η υπόθεση του αιθέρα, συνεπώς, φαινόταν να διαψεύδεται. Όμως το γεγονός αυτό δεν αρκούσε για να διατυπωθεί η ειδική θεωρία της σχετικότητας. Πράγματι, ήταν γνωστό ότι οι εξισώσεις του Μάξγουελ δεν ήταν αναλλοίωτες ως προς τους μετασχηματισμούς του Γαλιλαίου. Η ασυμμετρία αυτή, κατά τον Αϊνστάιν, δεν μπορούσε να είναι εγγενής στη φύση. Ήταν ανάγκη συνεπώς να διατυπωθεί μια διαφορετική ομάδα μετασχηματισμών, ως προς τους οποίους θα ήταν αναλλοίωτες οι εξισώσεις του ηλεκτρομαγνητισμού. Η ομάδα αυτή είχε ήδη διατυπωθεί από τον Λόρεντζ. (Απ' ό,τι γνωρίζω, αποτελεί ακόμα θέμα συζητήσεων αν ο Αϊνστάιν γνώριζε την ύπαρξη αυτής της ομάδας, ή αν τη διατύπωσε ανεξάρτητα από τον Λόρεντζ.)

Η ομάδα των μετασχηματισμών Λόρεντζ* προϋποθέτει τη σταθερότητα της ταχύτητας του φωτός, δηλαδή την ύπαρξη ανώτερης ταχύτητας στη φύση. Μια άλλη συνέπεια των μετασχηματισμών είναι ότι το μήκος δεν είναι το αναλλοίωτο μέγεθος του ευκλείδειου χώρου. Το ίδιο και ο χρόνος. Όπως λέγεται, τα μήκη συστέλλονται και ο χρόνος διαστέλλεται κατά την κίνηση και οι μεταβολές αυτές δεν είναι υποκειμενικά συναισθήματα. Είναι αντικειμενικά γεγονότα. Η ύπαρξη «παρατηρητή», συνεπώς, είναι περιττή, δοθέντος ότι η σχετικότητα των χωρικών και των χρονικών διαστημάτων εξαρτάται από τη σχετική κίνηση των δύο αδρανειακών συστημάτων, άρα δεν προϋποθέτει οποιοδήποτε νοούν υποκείμενο.

Ας μην αναφέρουμε λοιπόν στο εξής τη λέξη «παρατηρητής». Η οντική σχετικότητα του χώρου και του χρόνου είναι προφανής στην ομάδα Λόρεντζ. Επίσης, μια συνέπεια της σχετικότητας είναι ότι η μάζα δεν είναι αναλλοίωτο μέγεθος. Είναι και αυτή συνάρτηση της ταχύτητας**.

Εντούτοις, η σχετικότητα αποτελεί τελεσίδικη και μη αναγώγιμη ιδιότητα των φυσικών μεγεθών; Η απάντηση στο ερώτημα αυτό, και σε αντίθεση με τον δεσπότηντα γνωσιολογικό σχετικισμό, είναι αρνητική. Πράγματι, η θεωρία της σχετικότητας, μέσω μιας διαδικασίας διαλεκτικής άρνησης και σύνθεσης, δημιούργησε μια σειρά αναλλοίωτα φυσικά μεγέθη: ανεξάρτητα από την κίνηση του συστήματος αναφοράς, δηλαδή απόλυτα με μια νέα έννοια. Η ηλεκτρομαγνητική θεωρία εντάχθηκε φυσιολογικά και γενικεύθηκε στο σχετικιστικό πλαίσιο. Ποιο ήταν όμως αυτό το πλαίσιο; Ας αρχίσουμε από το χώρο και το χρόνο.

Είναι προφανές από την ομάδα Λόρεντζ ότι ο ευκλείδειος χώρος με τη σταθερή-θετική μετρική του δεν ήταν το κατάλληλο πλαίσιο για τη Σχετικότητα, και ειδικά για την ηλεκτρομαγνητική θεωρία, που αποτελεί το φυσικό περιεχόμενο της ειδικής σχετικότητας. Το νέο χωροχρονικό πλαίσιο το διατύπωσε ο Μινκόφσκι το 1908, τρία χρόνια μετά τη διατύπωση της θεωρίας του Αϊνστάιν⁶.

Ο χώρος και ο χρόνος είναι σχετικά μεγέθη. Όμως από τα σχετικά μεγέθη ο Μινκόφσκι, με μια κίνηση διαλεκτικής υπέρβασης και σύνθεσης, δημιούργησε ένα νέο, τετραδιάστατο

$$* \quad x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad t' = \frac{t - \frac{\beta}{c} x}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad \text{όπου } \beta = \frac{v}{c}$$

$$** \quad \text{Η μάζα αυξάνει με την ταχύτητα: } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad \text{όπου } m_0 \text{ είναι η μάζα ηρεμίας του σωματίου.}$$

χωροχρονικό πλαίσιο, στο οποίο συνδέονται ενδογενώς ο χώρος και ο χρόνος. Πρόκειται για το τετραδιάστατο χωροχρονικό διάστημα*.

Το μέγεθος αυτό είναι απόλυτο, δηλαδή αναλλοίωτο, δηλαδή ανεξάρτητο από την κίνηση του συστήματος αναφοράς. Αλλά από τον προηγούμενο τύπο είναι προφανές ότι η νέα μετρική δεν είναι ορισμένη-θετική. Πράγματι, ο θεμελιώδης μετρικός ταυνοστής του χώρου Μινκόφσκι**, έκφραση της νέας μετρικής, συνεπάγεται την ύπαρξη θετικών, αρνητικών και μηδενικών διαστημάτων, τα οποία αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες φυσικές διεργασίες (κινήσεις) και σε αντίστοιχες περιοχές του «σύμπαντος» Μινκόφσκι.

Η ενδογενής ενότητα του χώρου και του χρόνου εκφράζεται με τη νέα μετρική. Όπως έγραφε ο Μινκόφσκι, ο χώρος και ο χρόνος καταντούν εφεξής απλές σκιές και μόνο η ένωσή τους συνιστά μια φυσική πραγματικότητα. Εντούτοις, θα μπορούσαμε να υποστηρίξουμε ότι ο χώρος και ο χρόνος, μορφές ύπαρξης της ύλης και όχι απλές συμβάσεις ή προεμπειρικοί τύποι της εποπτείας, υπάρχουν καθεαυτοί. Τυπικά αυτό εκφράζεται με τη δυνατότητα να χωρίσουμε το χώρο και το χρόνο σε δύο «υποχώρους» που θα είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους, αλλά, τότε, κατ' ανάγκη σχετικοί.

Ενότητα χώρου και χρόνου. Νέα ψευδοευκλείδεια μετρική. Στο σύμπαν Μινκόφσκι υπάρχουν θετικά, μηδενικά και αρνητικά διαστήματα. Το Σύμπαν μπορεί να παρασταθεί με δύο κώνους με κοινή κορυφή: τον κώνο του παρελθόντος και τον κώνο του μέλλοντος, όπου η κορυφή αντιπροσωπεύει την παρούσα στιγμή. Τα μαζικά σώματα κινούνται στο εσωτερικό του κώνου του φωτός, διατρέχοντας μια κοσμική γραμμή, ενώ τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κινούνται στην επιφάνειά του. Λόγω της πεπερασμένης ταχύτητας των φυσικών αλληλεπιδράσεων, οι αιτιακές σχέσεις πραγματώνονται στο εσωτερικό του κώνου του φωτός. Έξω από τον κώνο, στην περιοχή του αλλού, δεν πραγματώνονται σχέσεις αιτίας-αποτελέσματος. Τέλος, τα σώματα κινούνται από το παρελθόν προς το μέλλον, ακολουθώντας το βέλος του χρόνου. Πρόκειται για τη σχετικιστική μη αντιστρεψιμότητα των φυσικών διαδικασιών, η οποία προϋποθέτει και την αντίστοιχη τοπικότητα.

Η ειδική θεωρία της σχετικότητας, συνεπώς, είναι: 1) *Ρεαλιστική*: Αναφέρεται σε μια πραγματικότητα ανεξάρτητη από τον παρατηρητή. Γενικότερα, από την ανθρώπινη συνείδηση. 2) *Αιτιοκρατική*: Οι αυτές αιτίες προκαλούν τα αυτά αποτελέσματα. Ο χαρακτήρας αυτός είναι συμβατός και με τον αιτιοκρατικό χαρακτήρα των εξισώσεων του Μάξγουελ. 3) *Τοπική*: Λόγω της πεπερασμένης ταχύτητας των φυσικών αλληλεπιδράσεων, ένα σώμα δεν μπορεί να επηρεάσει ακαριαία ένα άλλο που απέχει από αυτό μια θετική απόσταση. Τα φαινόμενα συνεπώς δεν είναι στιγμιαία άλματα. Πραγματοποιούνται στο χωρόχρονο ως διαδικασίες με χρονικό πάχος, δηλαδή διάρκεια μεγαλύτερη του μηδενός. (Οι εξισώσεις του Μάξγουελ και η σχετικότητα απάντησαν στο σχετικό πρόβλημα, που είχε ταλανίσει με-ταξύ άλλων και τον Καντ.)

Οι εξισώσεις του Μάξγουελ αποτελούν το φυσικό περιεχόμενο της ειδικής θεωρίας, η

* Το χωροχρονικό διάστημα έχει τη μορφή: $ds^2 = c^2 dt^2 - \sum dx_i^2$, $i = 1, 2, 3$. Το μέγεθος αυτό είναι αναλλοίωτο και αποτελεί την τυπική έκφραση της ενότητας του χώρου και του χρόνου – ενότητας που προϋποθέτει την οντική διαφορά.

** $g_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu} = ||-1-1-1||$.

οποία δεν περιορίζεται σε μια κινηματική και μια δυναμική σχετικιστικού χαρακτήρα. Η ειδική θεωρία είναι μια *φυσική θεωρία*, άρα θεωρία φυσικών πραγματικοτήτων και σχέσεων. Πώς μεταμορφώνονται λοιπόν στο πλαίσιο της τα παλαιά, απόλυτα μεγέθη της Νευτώνειας Φυσικής τα οποία αποδεχτήκαν σχετικά, όπως η δύναμη, η επιτάχυνση, το φορτίο, το ρεύμα, η μάζα και η ενέργεια;

Η θεωρία της σχετικότητας διατύπωσε, μέσω διαλεκτικών συνθέσεων, μια σειρά νέα, απόλυτα μεγέθη, δηλαδή αναλλοίωτα στο χώρο Μινκόφσκι. Τα νέα αυτά, με νέα έννοια απόλυτα μεγέθη, εκφράζονται με τετραδιάνυσματα και με τανυστές δευτέρας τάξεως*. Έτσι, στην κλασική δύναμη αντιστοιχεί το τετραδιάνυσμα δύναμης, όπως και στην επιτάχυνση. Το ίδιο ισχύει για το κλασικό φορτίο και το κλασικό ρεύμα, τα οποία συνθέτουν το αναλλοίωτο τετραδιάνυσμα ρεύματος κ.ο.κ.

Ιδιαίτερα θα αναφερθούμε εδώ στο τετραδιάνυσμα ορμής-ενέργειας**, το οποίο συνθέτει σε μια νέα μαθηματική «οντότητα» την κλασική μάζα και την κλασική ενέργεια. Το μέγεθος αυτό είναι επίσης αναλλοίωτο. Αλλά θα επανέλθουμε σ' αυτό.

Από τα προηγούμενα έπεται ότι ο όρος *σχετικότητα* δεν αντιστοιχεί στο πραγματικό περιεχόμενο και στο χαρακτήρα της θεωρίας του Αϊνστάιν, διότι: 1) Στα παλαιά σχετικά μεγέθη αντιστοιχούν τώρα νέα, αναλλοίωτα, τα οποία εντάσσονται στο νέο χωροχρονικό πλαίσιο. 2) Ο «παρατηρητής» είναι περιττός, δοθέντος ότι τα μεγέθη και οι διαδικασίες αφορούν πραγματικά μεγέθη και διαδικασίες στο χωρόχρονο. 3) Το αναλλοίωτο των σχετικιστικών μεγεθών, υπερβαίνοντας τον μηχανιστικό χαρακτήρα των κλασικών μεγεθών, εκφράζει μια ισχυρότερη αντικειμενικότητα. Μια περισσότερο σύνθετη γνώση, απομακρυσμένη από την εποπτεία, αλλά έκφραση βαθύτερων φυσικών οντοτήτων, σχέσεων και διεργασιών⁷.

Η ειδική θεωρία της σχετικότητας απέρριψε την ύπαρξη ενός απόλυτου συστήματος αναφοράς, συνδεόμενο με τον απόλυτο χώρο. Δεν απέρριψε όμως τις έννοιες του χώρου και του χρόνου. Επίσης θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι η ισοδυναμία, από κινηματική άποψη, των αδρανειακών συστημάτων δεν σημαίνει ισοδυναμία τους και από δυναμική άποψη. Ο χρόνος ζωής, π.χ., ενός μεσονίου που κινείται με τεράστια ταχύτητα ως προς τη Γη αυξάνει. Η «διαστολή» του χρόνου υπολογίζεται μαθηματικά και διαπιστώνεται εμπειρικά. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι από δυναμική άποψη η Γη και το σωματίο είναι ισοδύναμα ως συστήματα αναφοράς. Το σωματίο κινείται προς τη Γη, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως ένα τοπικά απόλυτο σύστημα αναφοράς. Το ίδιο ισχύει και για τους διδύμους του Λανζεβέν: Ο ταξιδιώτης, που θα παραμείνει σχετικά νέος, κινείται προς τη Γη, το τοπικά απόλυτο σύστημα. Αντίστοιχα, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι το πρότυπο του Κοπέρνικου δεν εί-

* Οι μαθηματικές αυτές «οντότητες» είναι γενίκευση των γνωστών διανυσμάτων και τανυστών του ευκλείδειου χώρου.

** Το τετραδιάνυσμα ορμής-ενέργειας έχει τη μορφή:

$$P_\mu P^\mu = (P^0)^2 - \sum_q (P^q)^2 = \frac{m_0^2 c^2}{1 - \beta^2} \left(1 - \frac{\sum_q (V_q)^2}{c^2} \right) = m_0^2 c^2$$

Το τετραδιάνυσμα αυτό αντιπροσωπεύει ένα αναλλοίωτο μέγεθος, ως γινόμενο δύο σταθερών μεγεθών. Το P^0 αντιπροσωπεύει την χρονική και τα P^q τις χωρικές συνιστώσες. Το τετραδιάνυσμα ορμής-ενέργειας εκφράζει έναν απόλυτο νόμο διατήρησης.

ναι ισοδύναμο με το πρότυπο του Πτολεμαίου, όπως ισχυρίζεται ο Ράιχεμπαχ και άλλοι θετικιστές φυσικοί. Από δυναμική άποψη είμαστε υποχρεωμένοι να δεχτούμε ότι η Γη στρέφεται γύρω από τον Ήλιο, ο οποίος αποτελεί το κέντρο βάρους του πλανητικού μας συστήματος. (Βέβαια στην περίπτωση Ηλίου-Γης, δεν πρόκειται για αδρανειακά συστήματα.) Σε ορισμένες περιπτώσεις, συνεπώς, είναι δυνατόν να διαπιστώσουμε μια *ασυμμετρία μεταξύ δύο γαλιλαϊκών συστημάτων* και να θεωρήσουμε το ένα ως απόλυτο. Ως το σύστημα προς το οποίο αναφέρεται η κίνηση του άλλου. Η δυνατότητα αυτή δεν σημαίνει εντούτοις αναβίωση του απόλυτου χώρου του Νεύτωνα ή διάψευση των προβλέψεων της Σχετικότητας⁸.

Όπως έγραφε ο Πωλ Λανζεβέν: «Κάθε μεταβολή ταχύτητας, κάθε επιτάχυνση, έχει απόλυτο νόημα. Ειδικότερα, ένα θεμελιακό σημείο της Ηλεκτρομαγνητικής Θεωρίας είναι ότι κάθε μεταβολή ταχύτητας, κάθε επιτάχυνση ενός ηλεκτρισμένου κέντρου, συνοδεύεται από την εκπομπή ενός κύματος το οποίο έχει απόλυτη έννοια. Αντίστροφα, κάθε ηλεκτρομαγνητικό κύμα, π.χ. ένα φωτεινό κύμα, έχει ως προέλευση τη μεταβολή ταχύτητας ενός ηλεκτρισμένου κέντρου. Η θεωρία προβλέπει τη δυνατότητα να αποκαλύψουμε, με ηλεκτρομαγνητικά ή οπτικά πειράματα, κάθε επιτάχυνση της συνολικής κίνησης ενός υλικού συστήματος, με πειράματα στο εσωτερικό του συστήματος αυτού»⁹. Η άποψη του Λανζεβέν, τονίζοντας τον αντικειμενικό χαρακτήρα των σχετικών φαινομένων, υποδηλώνει την παραδοχή τοπικά απόλυτων συστημάτων αναφοράς. Η άποψη αυτή αναιρεί τη σχετικιστική, αν όχι υποκειμενική, ερμηνεία των σχετικών φαινομένων και παραδόξων. Τονίζει την αντικειμενικότητα των φυσικών διεργασιών, χωρίς να αμφισβητεί τις χωροχρονικές σχέσεις της ειδικής σχετικότητας¹⁰.

3. Ύλη, μάζα και ενέργεια: προς ένα μονισμό της ύλης

Η ειδική θεωρία της σχετικότητας είναι, από μια άποψη, θεωρία της ενότητας του χώρου, του χρόνου και της κίνησης. Ως φυσικό περιχόμενο έχει τη γενικευμένη, τετραδιάστατη διατύπωση των εξισώσεων του ηλεκτρομαγνητισμού. Ως «παραπροϊόν» της θεωρίας προέκυψε η περίφημη σχέση αριθμητικής αναλογίας ανάμεσα στη μάζα και την ενέργεια, η οποία κακώς ονομάζεται ισοδυναμία της μάζας και της ενέργειας ή, ακόμα χειρότερα, ισοδυναμία της ύλης και της ενέργειας. Εδώ θα επιχειρήσουμε να δούμε το πρόβλημα όχι στο προσχετικιστικό τριδιάστατο πλαίσιο, όπως συνήθως γίνεται, αλλά στο τετραδιάστατο πλαίσιο του χώρου Μινκόφσκι, όπου είναι δυνατόν να ερμηνευθεί ορθά η φυσική σημασία του τετραδιανύσματος ορμής-ενέργειας. Αλλά επειδή το πρόβλημα έχει μια μακρά ιστορία ιδεολογικών ερμηνειών, είναι ανάγκη να επιχειρήσουμε μια σύντομη αναδρομή.

Ο Νεύτων στα *Principia* είχε ταυτίσει την ύλη με τη μάζα, και όριζε την ποσότητα της ύλης ως το γινόμενο της πυκνότητας επί τον όγκο. Προφανώς ο ορισμός δεν αφορά την ύλη αλλά τη μάζα, μέτρο της αδράνειας της ύλης¹¹. Η σύγχυση ανάμεσα στη φιλοσοφική κατηγορία της ύλης και την επιστημονική έννοια της μάζας έμελλε να οδηγήσει σε μια γενικευμένη σύγχυση, η οποία κυριαρχεί μέχρι τις μέρες μας. Πράγματι, με την ανάπτυξη της Θερμοδυναμικής κατά τον 19ο αιώνα, αποσαφηνίστηκε (τρόπος του λέγειν) η έννοια της ενέργειας. Αλλά η ενέργεια θεωρήθηκε, με βάση τα τότε δεδομένα, ότι στερείται μάζας. Κα-

τά συνέπεια, η ταύτιση της μάζας με την ύλη οδήγησε λογικά στο συμπέρασμα ότι η ενέργεια είναι *άυλη οντότητα*. (Τι σημαίνει «άυλη οντότητα»;)

Δεν θα επιμείνω στον παραλογισμό της έννοιας «άυλη οντότητα». Το γεγονός είναι ότι παρά τις αναλύσεις του Ένγκελς η διχοτομία ύλης-μάζας και άυλης ενέργειας δέσποζε στη Φυσική μέχρι και το 1905.

Πώς ερμηνεύθηκε λοιπόν τότε η περίφημη σχέση $E = mc^2$; Η σχέση αυτή είναι –προφανώς– μια σχέση αριθμητικής αναλογίας ανάμεσα σε δύο διαφορετικά φυσικά μεγέθη. Εντούτοις η τρέχουσα ερμηνεία, ταυτίζοντας τη μάζα με την ύλη, θεώρησε ότι η σχέση αυτή εκφράζει την ισοδυναμία της μάζας-ύλης και της άυλης ενέργειας. Οι φιλοσοφικές συνέπειες αυτής της σύγχυσης ήταν αναπόφευκτες. Ένας νέος μονισμός της ενέργειας διατυπώθηκε με βάση την προσχετικιστική ερμηνεία της εξίσωσης του Αϊνστάιν, και η μεταφυσική σκέψη έθεσε για άλλη μια φορά το ερώτημα για την «έσχατη» ουσία του Σύμπαντος. Ο νέος ενεργητισμός «εξοβέλισε» για άλλη μία φορά την ενοχλητική ύλη από τον κόσμο, ενώ άλλοι, ταυτίζοντας την ενέργεια με το πνεύμα, οδήγηθηκαν σε καθαρά πνευματοκρατικές αντιλήψεις για τη φύση¹².

Δεν θα υπεισέλθουμε εδώ στη σχετική φιλοσοφική συζήτηση. Αντίθετα, θα επιχειρήσουμε να αποκρυπτογραφήσουμε τη φυσική σημασία του τετραδιανύσματος ορμής-ενέργειας αυτού του σύγχρονου μαθηματικού ιερογλυφικού. Τά P^q αντιστοιχούν, όπως σημειώσαμε, στις χωρικές συνιστώσες, δηλαδή στην ορμή. Η P^0 αντιστοιχεί στη χρονική συνιστώσα, δηλαδή στην ενέργεια. Το «άθροισμα» των τετραγώνων τους, δηλαδή το «μήκος» του τετραδιανύσματος, είναι ένα αναλλοίωτο μέγεθος για ένα υλικό σύστημα. Αυτό σημαίνει μια ενδογενή-ποσοτική σχέση ανάμεσα σε δύο διαφορετικά και αντίθετα φυσικά μεγέθη: τη μάζα, μέτρο της αδράνειας, και την ενέργεια, μέτρο της κίνησης. Σχέση διαφοράς και αντίθεσης, ταυτόχρονα λανθάνουσα σχέση ενότητας η οποία εκφράζεται με τη μετατροπή της μάζας σε ενέργεια και αντίστροφα.

Οι συνέπειες της προηγούμενης σχετικιστικής ερμηνείας είναι βασικής σημασίας:

1. Η «ύλη» φιλοσοφική κατηγορία δεν υπεισέρχεται στους νόμους της φυσικής και ειδικότερα στο τετραδιάνυσμα ορμής-ενέργειας. Στον τύπο αυτό υπεισέρχονται δύο φυσικά μεγέθη: η μάζα και η ενέργεια, τα οποία σχετίζονται ενδογενώς.

2. Η ενέργεια όπως και η μάζα δεν είναι *οντότητες*. Είναι αλληλοσυσχετισμένα μέτρα δύο αντίθετων κατηγορημάτων της ύλης: της αδράνειας και της κίνησης.

3. Κατά τη μετατροπή μαζικών σωμάτων σε μη μαζικά, π.χ. ενός θετικού και ενός αρνητικού ηλεκτρονίου σε φωτόνιο, δεν έχουμε εξαϋλωση της ύλης (η έκφραση στερείται νοήματος). Πρόκειται για μετατροπή δυο μαζικών σωμάτων, σε ένα μη μαζικό. Αντίστοιχα, κατά τη μετατροπή ενός φωτονίου σε ένα ζεύγος αρνητικού και θετικού ηλεκτρονίου, δεν έχουμε υλοποίηση της ενέργειας. Έχουμε μετατροπή ενός μη μαζικού σωματίου σε δύο μαζικά σώματα.

4. Η ύλη αποτελείται από σωματίδια (ηλεκτρόνια και βαρυόνια) τα οποία στην περίπτωση κλειστού συστήματος υπακούουν στους νόμους διατήρησης του λεπτονικού και του βαρυονικού αριθμού αντίστοιχα*. Τα σωματίδια αυτά ανήκουν στην κατηγορία των φερμιο-

* Λεπτονικός αριθμός: το αλγεβρικό άθροισμα του συνόλου των λεπτονίων ενός κλειστού συστήματος. Αντίστοιχος είναι ο ορισμός του βαρυονικού αριθμού.

νίων. Η άλλη κατηγορία σωματίων, τα μποζόνια, δεν υπακούουν σε νόμους διατήρησης. Εντούτοις το σύνολο της δυνάμει και ενεργείας μάζας και της δυνάμει και ενεργείας ενέργειας ενός συστήματος παραμένει σταθερό.

5. Η προηγούμενη πρόταση δεν σημαίνει ότι αποδείχτηκε η αρχή της διατήρησης της ύλης, όπως παλαιότερα είχε φανταστεί και ο Λαβουαζιέ, σε ένα πιο απλοϊκό εννοιολογικό σχήμα. Η ύλη είναι φιλοσοφική κατηγορία. Συνεπώς δεν υπάρχει μέτρο της ύλης. Όμως η αρχή της αφθαρσίας της ύλης είναι σύμφωνη με τα σημερινά δεδομένα. Η αρχή του Δημόκριτου «μηδὲ τι εκ του μη όντος γίνεσθαι μηδέ εις το μη όν φθείρεσθαι» είναι σύμφωνη με τα δεδομένα της σημερινής φυσικής.

6. Η ύλη στο σημερινό βαθύτερο επίπεδο οργάνωσης εμφανίζεται με αντιφατικές μορφές: αρνητικό-θετικό, μαζικό-μη μαζικό, φερμιόνια-μποζόνια, σωματίια-αντισωματίια. Και εδώ η ιδεολογία έπαιξε το ρόλο της στη δημιουργία μιας νέας σύγχυσης. Τα σωματίια αποτελούν την ύλη. Τα αντισωματίια, όπως λέγεται, την αντιύλη. Ο όρος αντιύλη είναι εσφαλμένος. Στις δύο αυτές περιπτώσεις πρόκειται για μορφές ύλης με αντίθετα ορισμένα κατηγορήματα (φορτίο κ.λπ.). Οι νόμοι αλληλομετατροπής των σωματίων σε αντισωματίια και αντίστροφα, των φερμιονίων σε μποζόνια και αντίθετα, αποτελούν μαρτυρίες για την οντική ενότητα των μορφών της ύλης – ενότητα μέσα στη διαφορότητα των μορφών. Συνολικά οι μορφές, οι νόμοι διατήρησης και οι νόμοι μετατροπής θεμελιώνουν έναν σύγχρονο υλιστικό μονισμό¹³.

4. Μικροσωμάτια: στοιχεία για μια «τοπική» διαλεκτική

Ας επιχειρήσουμε λοιπόν να σχηματίσουμε τη σχετική «τοπική» διαλεκτική, συγκεκριμένη, συστατική μορφή της ευρύτερης διαλεκτικής της φύσης.

Η ειδική θεωρία της σχετικότητας ήταν μια από τις θεωρητικές προϋποθέσεις για τη μελέτη των μορφών της ύλης στο προσεγγιστικό σήμερα «θεμελιώδες» επίπεδο: στο επίπεδο των μικροσωματίων. Σήμερα είναι γνωστός ένας μεγάλος αριθμός «στοιχειωδών» οντοτήτων. Εντούτοις η πολυμορφία έχει ήδη αναχθεί σε έναν μικρό αριθμό μορφών: στα 6 λεπτόνια, στα 6 κουάρκ και στα χβάντα των τεσσάρων φυσικών αλληλεπιδράσεων.

Αλλά η φαινομενική απλότητα συνυπάρχει με τεράστιες διαφορές και με μεγάλο αριθμό ειδικών σχέσεων και διαδικασιών. Κατ' αρχήν, η μάζα των γνωστών μικροσωματίων ποικίλλει από περίπου μηδέν (φωτόνια, νετρίνο) μέχρι μάζες μεγαλύτερες από του πρωτονίου (ενδιάμεσα μποζόνια, χβάντα των ασθενών αλληλεπιδράσεων). Ανάλογες είναι οι διαφορές στο χρόνο ζωής, ο οποίος εκτείνεται από το 10^{-23} δευτ. μέχρι το πρακτικά «άπειρο»: 10^{30} έτη για το πρωτόνιο. Οι διαφορές αυτές αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες μορφές και διαδικασίες. Μια πρώτη διάκριση είναι η διάκριση σωματίων και αντισωματίων, ή, όπως κακώς λέγεται, ύλης και αντιύλης, δοθέντος ότι και τα αντισωματίια είναι μορφές ύλης με φορτίο και άλλους «χβαντικούς αριθμούς» διαφορετικούς από των συνηθισμένων σωματίων. Το γνωστό σήμερα μέρος του «σύμπαντος» αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από «ύλη» (πρωτόνια, νετρόνια, ηλεκτρόνια, χβάντα του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου κ.λπ.). Οι αιτίες αυτής της ασυμμετρίας δεν είναι γνωστές. Εντούτοις ανάμεσα στην «ύλη» και την «αντιύλη» δεν υπάρχει τυπική αντίθεση. Ειδικά οι νόμοι μετασχηματισμού είναι μία από

τις συγκεκριμένες εκφράσεις βαθύτερης, «αφανούς» ενότητας των αντίθετων μορφών. Έτσι, π.χ., ένα σωματίο και ένα αντισωματίο μπορούν, μέσα από μια διαδικασία συγχώνευσης και μετασχηματισμού, να μετατραπούν σε ένα ή περισσότερα διαφορετικά σωματία. Ένα πρωτόνιο και ένα αντιπρωτόνιο, π.χ., μετατρέπονται σε ένα ή περισσότερα μεσόνια, ένα θετικό και ένα αρνητικό ηλεκτρόνιο σε ένα φωτόνιο και αντίστροφα, ένα πρωτόνιο, ένα νετρόνιο και ένα αντινετρόνιο σε ένα νετρόνιο κ.λπ. Η αντίθεση σωματίου-αντισωματίου αίρεται, μέσα από μια διαδικασία άρνησης και συγχώνευσης.

Ένας δεύτερος, μεγάλος διαχωρισμός είναι η κατάταξη των μικροσωματίων σε φερμιόνια και σε μποζόνια. Αλλά και η διάκριση αυτή δεν είναι τυπική: τα φερμιόνια μετατρέπονται σε μποζόνια και αντίστροφα, ένδειξη της οντικής τους ενότητας. Η διαφορά επικαλύπτει την ενότητα. Με μια αντίθετη έννοια, η λανθάνουσα ενότητα («αρμονία αφανής φανερής κρείττων», κατά τον σοφό της Εφέσου) προϋποθέτει δομές και σχέσεις εν πολλοίς άγνωστες.

Τέλος, άλλη μία τυπική αντίθεση η οποία ξεπεράστηκε από τη σημερινή, σχετικιστική φυσική, είναι η αντίθεση ύλης και πεδίου. Συγκεκριμένα: Όπως είναι γνωστό, κατά τη μηχανιστική αντίληψη, ύλη θεωρούνταν μόνο τα μαζικά σωματία. Το «πεδίο», αντίθετα, θεωρούνταν «άυλη» ενέργεια. Αλλά, η ειδική θεωρία της σχετικότητας αποκάλυψε μια πρώτη σχέση ενότητας (ενότητας η οποία συνυπάρχει με τη διαφορά) ανάμεσα στα μαζικά σωματία και στην ενέργεια. Η γενική θεωρία καθολίκησε αυτή τη σχέση. Κατά τον Αϊνστάιν, «ύλη» θεωρείται όχι μόνο το σύνολο των μαζικών σωματίων αλλά και το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, το οποίο υπεισέρχεται ως μία από τις συνιστώσες του θεμελιώδους μετρικού ταυστή της γενικής σχετικότητας. Ακόμα και το βαρυτικό πεδίο αντεπιδρά, δημιουργώντας ένα ασθενέστατο μεν αλλά υπαρκτό πεδίο. Οι τυπικές αντιθέσεις, οι διχοτομίες της κλασικής φυσικής, αποδείχτηκαν διαλεκτικές σχέσεις ταυτότητας και διαφοράς, στα πλαίσια των σχετικιστικών θεωριών.

Ύλη: φιλοσοφική κατηγορία η οποία περιλαμβάνει το σύνολο των υπαρκτών μορφών, ως αντικειμενική και αυθύπαρκτη ολότητα. Ολότητα η οποία μέσα στην άχρωμη γενικότητά της εγκλείει, όπως θα έλεγε ο Χέγκελ, όλο τον πλούτο του ειδικού. Σήμερα επιβεβαιώνεται η θέση της διαλεκτικής ότι το γίνεσθαι είναι ο τρόπος ύπαρξης της ύλης. Και το γίνεσθαι περιλαμβάνει ακόμα και τις άλλοτε θεωρούμενες θεμελιώδεις μορφές. Πράγματι, μια από τις επαναστατικές συνέπειες της οιονεί μεταφυσικής υπόθεσης της «μεγάλης έκρηξης» είναι το ότι οι θεμελιακές μορφές της ύλης μεταβλήθηκαν στην πορεία της κοσμογένεσης. Επιπλέον: Σύμφωνα με ένα τουλάχιστον κοσμολογικό πρότυπο, αλλά και σύμφωνα με πρόσφατες αστρονομικές παρατηρήσεις, στο προσιτό μέρος του Σύμπαντος δημιουργείται καινούρια ύλη. Και προφανώς δεν πρόκειται για δημιουργία ex nihilo, αλλά για ανάδυση μορφών από ένα βαθύτερο υλικό πεδίο. Η έννοια της «ανάδυσης» (emergence), δηλαδή της διαδικασίας μέσω της οποίας προκύπτει το νέο, είναι ξένη προς τη μηχανιστική-θετικιστική φιλοσοφία. Αντίθετα, αποτελεί βασική έννοια της διαλεκτικής φιλοσοφίας από την εποχή του Ηράκλειτου και του Αριστοτέλη, μέχρι τον Χέγκελ και τους κλασικούς του μαρξισμού. Αυτό που αρχίζει, έγραφε ο Χέγκελ, δεν είναι ακόμα. Βρίσκεται στην πορεία του να υπάρξει. Οι θεωρίες του Αϊνστάιν, γενικότερα η σχετικιστική φυσική, εισάγοντας το χρόνο στο φυσικό γίνεσθαι, αναδεικνύει τον συγκεκριμένο πλούτο της έννοιας της ανάδυσης. Του περάσματος από τη δύναμη στην ενεργεία πραγματικότητα.

Το *γίγνεσθαι* σημαίνει μετασχηματισμό. Καταστροφή μορφών και δημιουργία νέων, είτε με το μετασχηματισμό προσιτών σήμερα μορφών, είτε με την ανάδυση νέων, από «αφανείς» επί του παρόντος πραγματικότητες. Η αριστοτελική διαλεκτική δυνατότητας και πραγματικότητας μπορεί να συλλάβει αυτές τις διαδικασίες, αποφεύγοντας τόσο τον στείρο μηχανικισμό, όσο και τον επιστημονικοφανή σημερινό α-υλισμό. Κάθε μετασχηματισμός συνδέεται με διαδικασίες διατήρησης. Άλλα στοιχεία πραγματικότητας μεταμορφώνονται, και άλλα περνούν από τη δύναμη στην ενεργεία κατάσταση. Το νέο, την αναδυση του οποίου αδυνατεί να συλλάβει ο αφελής εμπειρισμός, είναι το τελικό αποτέλεσμα μιας διαδικασίας που πραγματοποιείται εν χρόνω.

Μια ακόμα «κρυμμένη» διαλεκτική εντοπίζεται μέσα από τη γνώση και το ρόλο των συμμετριών στη μικροφυσική, όπου αναδεικνύεται η σχέση ταυτότητας και διαφοράς. Το πρωτόνιο και το νετρόνιο, π.χ., είναι ταυτόσημα για τις ισχυρές αλληλεπιδράσεις. Η ταυτότητα αίρεται και αναδύεται η διαφορά αν ληφθεί υπόψη η ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση. Αντίστοιχα, τα οκτώ βαρυόνια είναι διαφορετικά για την ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση. Ομαδοποιούνται σε τέσσερις πολλαπλότητες (multiplets), αν ληφθεί υπόψη η ισχυρή αλληλεπίδραση. Για μια υπερ-ισχυρή αλληλεπίδραση, τα οκτώ βαρυόνια θα αντιπροσωπεύονταν από ένα και μοναδικό σωματίο. Συνολικά: Ταυτότητα, η οποία επικαλύπτει τη διαφορά. Διαφορά, η οποία επικαλύπτει μια βαθύτερη ενότητα.

Τέλος, μια άλλη διαλεκτική σχετίζεται με την έννοια της σταθερότητας. Σημειώσαμε ήδη τις τεράστιες διαφορές του χρόνου ζωής των διαφόρων μικροσωματίων. Αλλά η σταθερότητα και η ταυτότητα είναι έννοιες σχετικές. Σχετικές με το θεωρούμενο ενεργειακό επίπεδο. Ένα σωματίο σταθερό σε ένα ενεργειακό επίπεδο μπορεί να εκδηλώσει μία ή περισσότερες δυναμικότητες σε ένα υψηλότερο επίπεδο. Οι δυνάμεις μορφές που μπορεί να εκδηλώσει δεν προϋπήρχαν στο σωματίο, όπως ο Ιωνάς στην κοιλία του κήτους. Είναι νέες μορφές που πραγματοποιούνται με το μετασχηματισμό υπαρχόντων στοιχείων της αρχικής μορφής. Το δυνάμει μεταβαίνει στην ενεργεία κατάσταση, μέσω ενός μετασχηματισμού με χρονικό πάχος¹⁴.

5. Η γενικευμένη μη σχετικότητα

Η ειδική θεωρία της σχετικότητας θεμελιώνει έναν σύγχρονο μονισμό της ύλης, αντίθετα με τους ιδεολογικούς ισχυρισμούς του νεο-ενεργητισμού. Ταυτόχρονα και σε αντίθεση με τις υποκειμενικές ερμηνείες της, αντιπροσωπεύει μια ισχυρότερη μορφή αντικειμενικότητας σε σχέση με την κλασική μηχανική. Είναι μια θεωρία μη σχετικότητας, η οποία συγκεκριμενοποιεί τη διαλεκτική σχετικού και απόλυτου – το σχετικό στιγμή ή όψη του απόλυτου.

Εντούτοις η ειδική θεωρία εντάσσεται σε ένα χωροχρονικό πλαίσιο απ' όπου απουσιάζει η ύλη. Επίσης –και το κυριότερο– αφορά μια κατηγορία προνομιούχων συστημάτων – τα αδρανειακά συστήματα. Στόχος του Αϊνστάιν μετά το 1905 ήταν να διατυπώσει μια θεωρία όπου τα φυσικά μεγέθη θα ήταν αναλλοίωτα ακόμα και για μη αδρανειακά, δηλαδή για επιταχυνόμενα ή επιβραδυνόμενα συστήματα. Η μέριμνα αυτή του Αϊνστάιν καθώς και οι ασυμφωνίες του νόμου του Νεύτωνα με παρατηρησιακά δεδομένα τον οδήγησαν στη γε-

νική θεωρία της σχετικότητας, της οποίας φυσικό περιεχόμενο είναι η νέα, σχετικιστική θεωρία της βαρύτητας. Και η θεωρία αυτή δεν ήταν προϊόν καθαρής θεωρητικής σκέψης. Ήταν η διαλεκτική υπέρβαση της ασυμφωνίας της Θεωρίας της Βαρύτητας του Νεύτωνα με ορισμένα αστρονομικά-παρατηρησιακά δεδομένα.

Πράγματι, από παλαιότερα είχαν παρατηρηθεί ασυμφωνίες της κίνησης ουρανίων σωμάτων με τις προβλέψεις του νόμου του Νεύτωνα. Ήδη από το 1693 ο Χάλλεϋ είχε παρατηρήσει μια επιτάχυνση της κίνησης της Σελήνης, αντίθετη με τις προβλέψεις του νόμου της βαρύτητας. Το 1850 ο Λε Βερριέ παρατήρησε επίσης ότι η κίνηση του περιηλίου του Ερμή δεν ήταν σύμφωνη με τους πίνακες που είχαν συνταχθεί με βάση το νόμο του Νεύτωνα. Επίσης, το 1880 ο Νιουκόμπ είχε διαπιστώσει μια ασυμφωνία της κίνησης του περιηλίου του Ερμή, ενώ η κίνηση του κομήτη του Ένκε παρουσίαζε μεταβαλλόμενες επιταχύνσεις. Οι ασυμφωνίες αυτές ήταν σημαντικές, ώστε να μην είναι δυνατόν να αγνοηθούν. Έτσι άρχισαν να διατυπώνονται προτάσεις στα πλαίσια της θεωρίας του Νεύτωνα, όπως η πρόταση του Λε Βερριέ για την ύπαρξη ενδιάμεσου πλανήτη που θα εξηγούσε την ανωμαλία της κίνησης του περιηλίου του Ερμή. Επίσης, προτάθηκαν μη νευτώνειες ερμηνείες, όπως του Χαλλ (1895), που αντικατέστησε τον τύπο του Νεύτωνα με διαφορετικό τύπο, με διορθωτικό όρο, εισαγωγή μη ευκλείδειου χώρου κ.λπ.¹⁵ Όμως οι ασυμφωνίες των παρατηρήσεων με τη θεωρία της βαρύτητας του Νεύτωνα δεν ήταν δυνατόν να αρθούν.

Η επανάσταση και η δημιουργία του νέου σχετικιστικού παραδείγματος ήταν πάλι –ως γνωστόν– έργο του Αϊνστάιν. Ο Αϊνστάιν απέρριψε τον ευκλείδειο και τον ψευδοευκλείδειο χώρο ως μαθηματικό-γεωμετρικό πλαίσιο για τη θεωρία της βαρύτητας. Εισάγοντας ένα χώρο Ρήμαν, κατόρθωσε να απορροφήσει τις δυνάμεις της βαρύτητας σε μια μεταβλητή γεωμετρική δομή. Συγκεκριμένα, σε ένα χώρο του οποίου η καμπυλότητα καθορίζεται από τα δυναμικά του πεδίου της βαρύτητας, δηλαδή από την κατανομή της ύλης. Τα υλικά σώματα κινούνται τώρα «ελεύθερα» πάνω σε γεωδαισικές γραμμές*.

Η δομή του χώρου Μινκόφσκι είναι ανεξάρτητη από την παρουσία της ύλης. Η δομή του χώρου Ρήμαν, αντίθετα, καθορίζεται από την κατανομή της ύλης. Και πρέπει να τονισθεί ότι με την έννοια ύλη εδώ νοούνται τόσο τα μαζικά σώματα όσο και το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Πράγματι, ο θεμελιώδης μετρικός τανυστής** περιλαμβάνει τόσο τα μαζικά σώματα όσο και το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.

Με τη γενική θεωρία της σχετικότητας ο Αϊνστάιν πέτυχε μια μορφή νόμων αναλλοίωτων ως προς οποιοδήποτε σύστημα αναφοράς, δηλαδή ένα γενικότερο αναλλοίωτο, δηλαδή μια ακόμα ισχυρότερη αντικειμενικότητα. Η γενική θεωρία της σχετικότητας μπορεί συνεπώς να χαρακτηριστεί ως θεωρία γενικευμένης μη σχετικότητας. Σε σχέση με το φυσικό της περιεχόμενο, μπορεί να οριστεί ως η χρονογεωμετρική θεωρία της βαρύτητας, σύμφωνα με την άποψη του Βλαντιμίρ Φοκ¹⁶.

Αλλά η φιλοσοφική εμβέλεια της θεωρίας του Αϊνστάιν είναι ευρύτερη. Περιλαμβάνοντας στον μετρικό τανυστή τόσο τα μαζικά σώματα όσο και το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο,

* Γεωδαισικές γραμμές: γραμμές ελάχιστου μήκους, γενίκευση της ευθείας του ευκλείδειου χώρου.

** Ο θεμελιώδης μετρικός τανυστής έχει τώρα τη μορφή $T_{\mu}^{\nu} = \mu_0 c^2 u_{\mu} u^{\nu} + t_{\mu}^{\nu}$. Ο όρος t_{μ}^{ν} αντιπροσωπεύει το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.

προσφέρει ένα ακόμα επιχείρημα υπέρ της οντικής ενότητας των μορφών της ύλης και –συνεπώς– ενάντια στη διχοτομία ύλης-ενέργειας και τον συνακόλουθο ενεργητισμό. Γενικότερα ενάντια στον τυπικό διαχωρισμό ύλης και πεδίου. Τέλος, εξαιτίας των κινήσεων των υλικών σωμάτων στο χωρόχρονο, τόσο τα χωρικά διαστήματα όσο και ο ρυθμός των «ρολογιών» μεταβάλλονται, όχι μόνο από σημείο σε σημείο, αλλά και για το ίδιο σημείο του χώρου στη διάρκεια του χρόνου. Αλλά η σχετικότητα αίρεται στα πλαίσια ενός γενικευμένου χωροχρονικού διαστήματος.

Η θεωρία της βαρύτητας του Αϊνστάιν είναι σύμφωνη με τα σημερινά παρατηρησιακά δεδομένα. Τι σημαίνει όμως απορρόφηση των δυνάμεων της βαρύτητας σε μια μεταβλητή γεωμετρική δομή; Το πεδίο βαρύτητας είναι υπαρκτό και τα κύματά του ή τα υποθετικά κβάντα του θα είναι, εφόσον ανακαλυφθούν, εξίσου υλικά με τα κβάντα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Εύλογα συνεπώς τίθεται το ερώτημα για τη δυνατότητα να υπάρξει μια θεωρία της βαρύτητας σε χώρο Μινκόφσκι. Το πλεονέκτημα μιας τέτοιας θεωρίας –σχετικά πρότυπα έχουν προταθεί– θα ήταν ότι θα αναδεικνυε την ύπαρξη του βαρυτικού πεδίου ως μορφής αλληλεπίδρασης που καθορίζει τη μη αδρανειακή κίνηση των ουρανίων σωμάτων και γενικά των υλικών μορφών.

Η θεωρία της βαρύτητας του Νεύτωνα αποτέλεσε την πρώτη βάση για τη δημιουργία κοσμολογικών προτύπων. Η γενική θεωρία της σχετικότητας με τη σειρά της αποτέλεσε το μαθηματικό πλαίσιο των σύγχρονων κοσμολογικών προτύπων. Συγκεκριμένα: Οι εξισώσεις της βαρύτητας του Αϊνστάιν επιτρέπουν την κατασκευή κλειστών και σφαιρικών, ανοιχτών, συστελλόμενων ή διαστελλόμενων, παλλόμενων προτύπων. Σύμφωνα με το κυρίαρχο πρότυπο, το λεγόμενο στάνταρ ή πρότυπο της Μεγάλης Έκρηξης (Big Bang, ειρωνικός τίτλος που οφείλεται στον Sir Alfred Hoyle, διαπρεπή αστροφυσικό, αντίπαλο του προτύπου) το «Σύμπαν» «δημιουργήθηκε» πριν από 15 περίπου δισ. χρόνια, με την έκρηξη της ύλης μιας «σημειακής ιδιομορφίας» (μηδενικού όγκου). Έκτοτε διαστέλλεται δημιουργώντας το χώρο.

Δεν θα επεκταθώ στη συζήτηση των θεμελιακών παραδοχών του κυρίαρχου προτύπου. Θα σημειώσω μόνο τις βασικές αντιφάσεις, ή προτάσεις στερούμενες νοήματος. Κατά το πρότυπο της Μεγάλης Έκρηξης: Η ύλη του «Σύμπαντος» (10^{54} γραμμάρια) ήταν (:) συγκεντρωμένη σε μηδενικό όγκο, σε κατάσταση άπειρης πυκνότητας και θερμοκρασίας. Αλλά: Υπήρχε από άπειρο χρόνο ή δημιουργήθηκε; Και με ποιο δικαίωμα μιλάμε για πεπερασμένη ποσότητα; Άπειρη πυκνότητα και άπειρη θερμοκρασία εξάλλου στερούνται φυσικού νοήματος. (Ως γνωστόν δεν υπάρχει μέτρον του απείρου, κάτι τέτοιο θα αποτελούσε αντίφαση.) Επίσης: Πριν από την Έκρηξη δεν υπήρχε χώρος. Συνεπώς, η Έκρηξη έγινε στο πουθενά. Πριν από την Έκρηξη δεν υπήρχε χρόνος. Συνεπώς η Έκρηξη έγινε στο ποτέ. Μετά την Έκρηξη, το «Σύμπαν» διαστέλλεται. Διαστέλλεται πού; Δημιουργώντας, λέει, το χώρο. Δημιουργώντας τον, πού; Πέρα απ' αυτές τις αντιφάσεις: Οι εξισώσεις της βαρύτητας δεν λύνονται στο σημείο μηδέν. Ξεκινάμε λοιπόν 10^{-43} δευτερόλεπτα μετά την Έκρηξη. Έτσι αποφεύγεται η μαθηματική δυσκολία. Εντούτοις τα υπόλοιπα παραμένουν: άπειρα μεγέθη, ανυπαρξία χώρου, αρχή του χρόνου. Εντέλει δεν θα μάθουμε ποτέ τι έγινε πριν από τα 10^{-43} δευτερόλεπτα. Ακόμα: με ποιο δικαίωμα μιλάμε για «Σύμπαν», δηλαδή για την ολότητα αυτού που υπάρχει; Η γενική θεωρία της σχετικότητας είναι μια τοπική επιστήμη.

Μπορεί να αποφανθεί για πεπερασμένες αποστάσεις, προχωρώντας από σημείο σε σημείο. Όχι για το ενδεχομένως άπειρο σύμπαν.

Το κυρίαρχο πρότυπο είναι ένα οιονεί μεταφυσικό πρότυπο. Δεν έχει καν το καθεστώς επιστημονικής υπόθεσης, δοθέντος ότι οι βασικές παραδοχές του δεν είναι ούτε επαληθεύσιμες, ούτε διαψεύσιμες. Εντούτοις, χάρις στη διαλεκτική σύζευξη του «απειροστά» μικρού, δηλαδή της μικροφυσικής, με την κοσμολογία, στα πλαίσια του κυρίαρχου προτύπου διατυπώθηκαν υποθέσεις για την εξέλιξη των μορφών της ύλης στην πορεία της κοσμογένεσης. Αν η κοσμολογία οριοθετεί ως αυτό που είναι στην πραγματικότητα, δηλαδή ως τοπική επιστήμη, τότε τα κοσμολογικά πρότυπα, αποκαθαρμένα από προκείμενες στερούμενες νοήματος, θα αποτελέσουν το πλαίσιο μιας κοσμογονικής θεωρίας, στα πλαίσια της οποίας «τα πάντα ρει».

Φυσικά, υπάρχουν και κοσμολογικά πρότυπα διαφορετικά από το κυρίαρχο (πρότυπο της σταθεράς κατάστασης, πρότυπο του Alfven το οποίο εισάγει και την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κ.λπ.). Αλλά στην εποχή της «μοναδικής σκέψης» συνήθως δεν γίνεται λόγος γι' αυτά τα πρότυπα. Παρά ταύτα και στο μέτωπο αυτό «η τελευταία μάχη δεν δόθηκε ακόμα».

Παραπομπές

1. Για την εξέλιξη των φυσικών θεωριών, βλ. Einstein-Jufelt, *Η εξέλιξη των ιδεών στη φυσική*, Δωδώνη. Ε. Μπιτσάκη, *Είναι και Γίγνεσθαι*, Δαίδαλος - Ι. Ζαχαρόπουλος, 2004.
2. Βλ. Ε. Μπιτσάκη, *Διαλεκτική και Νεώτερη Φυσική*, Δαίδαλος - Ι. Ζαχαρόπουλος, 2001.
3. Newton, *Opticks*, Dover, N.Y., 1952, σ. 389.
4. Newton, *Principia*, Univ. of California Press, 1947, Ορισμοί, σσ. 1-12.
5. Laplace, *Essai Philosophique sur les probabilités*, Œuvres, Gauthier-Villars, τ. 7, σ. VI.
6. Για τα πρωτότυπα κείμενα, βλ. Einstein et al., *The Principle of Relativity*, Dover, N.Y., 1923 [Ελλ. Έκδοση: Αϊνστάιν 1905, *Annus Mirabilis*, μτφ. Ν. Ταμπάκης, Γκοβόστης, 2000].
7. Βλ. Einstein et al., *The Principle of Relativity*, ό.π., Ε. Bitsakis, *Foundations of Physics*, 21, 63 (1991). Του ιδίου, *Ο Δαίμων του Αϊνστάιν*, Gutenberg, 2000.
8. Ε. Bitsakis, *La Nature dans la Pensée Dialectique*, L'Harmattan, Paris, 2001, σσ. 310-311 [Ελλ. μτφ.: *Η Φύση στη Διαλεκτική Φιλοσοφία*, Ελληνικά Γράμματα, 2003].
9. P. Langevin, *La Physique depuis vingt ans*, Doin Ed., Paris, 1923, σ. 289.
10. Βλ. αναλυτικά, Ε. Bitsakis, *Foundations of Physics*, vol. 35, January, 2005, p. 57.
11. Newton, *Principia*, ό.π., σ. 1.
12. Ε. Μπιτσάκη, *Το αειθαλές δέντρο της γνώσεως*, Άγρα, 2005.
13. Ε. Bitsakis, *Physique et Matérialisme*, Ed. Sociales, Paris, 1983.
14. Ε. Bitsakis, στο *Les Matérialismes et leurs detracteurs*, Syllépse, Paris, 2004.
15. M.A. Tounelat, *Les principes de la théorie électromapétiqueset de la Relativité*, Masson, Paris, 1959.
16. Βλ. VI. Fock, *The theory of space, Time and Gravitation*, Pergamon Press, Oxford, 1964.
17. Βλ. σχετικά Ε. Bitsakis, *Physique et Matérialisme*, ό.π. Του ιδίου, *Η δυναμική του ελάχιστου*, Δαίδαλος - Ι. Ζαχαρόπουλος, 2003. E.J. Larner, *The Big Bang Never Happened*, Vintage Books, N.Y., 1992. Επίσης το αφιέρωμα του περιοδικού *Science et Vie*, 189, Δεκέμβρ. 1989 με θέμα: «La naissance de l'Univers: le Big Bang en questions», καθώς και το τεύχος 1.050, Μάρτιος 2005. Επίσης: Τα τεύχη της *Οντοπίας* 29 (1998), 40 (2000) και 53 (2003). Τέλος, τους συλλογικούς τόμους *Frontiers of Fundamental Physics*, Plenum Press, N.Y., 1994, και *Open Questions in Relativistic Physics*, Apeiron, Montreal, 1998.

Photo

ceci est le contour
de mes rêves

Joan Miró, Αυτό είναι το χρώμα των ονείρων μου, 1925.