

Το πρόβλημα της ύλης: μια σχετικιστική προσέγγιση

Στο κείμενο αυτό αναλύονται οι σχέσεις ύλης, μάζας και ενέργειας, στα πλαίσια του σχετικιστικού «παραδείγματος».

1. Η έννοια του πραγματικού

Το όνομα του J. S. Bell συνδέθηκε με τη μακρά παράδοση της φυσικής, να δώσει μια αντικειμενική και αιτιοκρατική περιγραφή των φαινομένων. Από αυτή την προοπτική, ο J. S. Bell οδηγήθηκε να εξετάσει τις σχέσεις ανάμεσα στο υποκείμενο και το αντικείμενο στη φυσική. Έτσι ο J. S. Bell δημιούργησε την έννοια του *beable* [του δύνασθαι υπάρξειν] η οποία ενσωματώνεται, όπως γράφει, σε μια γενικότερη, αντικειμενική και αιτιοκρατική αντίληψη του φυσικού κόσμου¹. Εξετάζοντας τα αδύνατα σημεία των εννοιολογικών θεμελίων της κβαντικής μηχανικής, και αποβλέποντας στην αποκατάσταση μιας αιτιοκρατικής αντίληψης για τη φύση, ο J. S. Bell έγραψε για τα *beables*: «Ειδικότερα θα αποκλείσουμε την έννοια του «παρατηρήσιμου» υπέρ της έννοιας του «beable». Τα *beables* της θεωρίας είναι εκείνα τα στοιχεία τα οποία είναι δυνατόν να αντιστοιχούν στα στοιχεία πραγματικότητας, σ' αυτό το οποίο υπάρχει. Η ύπαρξή τους δεν εξαρτάται από την «παρατήρηση». Πράγματι, η παρατήρηση και οι παρατηρητές πρέπει να αποκλεισθούν από τα «beables». Ο J. S. Bell χρησιμοποιεί αυτή την έννοια στη θέση της περισσότερο *committed* έννοιας του «είναι». Όπως γράφει, το *beable* είναι ένα είδος «που μπορεί να υπάρξει»².

Είναι γνωστό ότι η μικροφυσική αναστάτωσε τις αντιλήψεις μας για την ύλη. Ο ρεαλισμός, ο θετικισμός και ο ιδεαλισμός, ήταν οι πρωταγωνιστές της με-

Το αγγλικό πρωτότυπο δημοσιεύθηκε στο διεθνές περιοδικό *Foundations of Physics*, σε ειδικό αφιέρωμα στον J. S. Bell (Τόμος 21, αρ. 1, 1991). Το άρθρο αυτό δημοσιεύθηκε μετά το θάνατο του διαπρεπούς φυσικού. Για τον J. S. Bell, βλ. Ε. Μπιτσάκης, *Διαλεκτική* αρ. 19.

Ο Ε. Μπιτσάκης, είναι Καθηγητής της Φιλοσοφίας στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων και Υφηγητής Θεωρητικής Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών.

γάλης διαμάχης για την ύλη. Οι μικροφυσικές οντότητες ανάχθηκαν από πολλούς φυσικούς σε απλές *δυναμικότητες*, ή, ακόμα και σε καθαρές *μορφές*. Σύμφωνα με τον Heisenberg, π.χ. τα άτομα ή τα στοιχειώδη σωματίδια δεν είναι πραγματικά. Αποτελούν περισσότερο ένα κόσμο δυναμικότητας, παρά ένα κόσμο πραγμάτων ή γεγονότων³. Σε κάποια άλλη περίπτωση, ο ίδιος μεγάλος φυσικός εξέφρασε με περισσότερη σαφήνεια τη νεο-πυθαγόρεια, νεο-πλατωνική αντίληψή του για την ύλη: «Αν επιχειρήσουμε να εισδύσουμε πίσω απ' αυτή την πραγματικότητα, στις λεπτομέρειες των ατομικών συμβάντων, τότε το περίγραμμα αυτού του «αντικειμενικά πραγματικού» διαλύεται, όχι στην αχλύ μιας νέας αλλά ακόμα ασαφούς ιδέας για την πραγματικότητα, αλλά στη διάφανη καθαρότητα μιας μαθηματικής, της οποίας οι νόμοι διέπουν το δυνατό, όχι το πραγματικό»⁴. Σύμφωνα μ' αυτή τη γραμμή σκέψης, ένα στοιχειώδες σωματίδιο δεν *περιγράφεται* απλώς σε ένα χώρο Hilbert. Το σωματίδιο *είναι* ένας χώρος Hilbert. Η πυθαγόρεια – πλατωνική αντιστροφή των σχέσεων ανάμεσα στα πράγματα και τις έννοιες, βρήκε γόνιμο έδαφος στο χώρο της νεότερης φυσικής.

Αλλά η διαμάχη για την αντικειμενικότητα και την αιωνιότητα της ύλης, έχει την ίδια ηλικία με την ορθολογική φιλοσοφία. Μια βασική όψη αυτής της διαμάχης αφορά στις σχέσεις ανάμεσα στην ύλη και την κίνηση. Το πρόβλημα αυτό θα το εξετάσω στα πλαίσια της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας. Εντούτοις, προτού φτάσουμε στον Νεύτωνα και στον Αϊνστάιν, δεν θα ήταν, ίσως, χωρίς ενδιαφέρον, να δώσουμε μια πολύ σύντομη σκιαγραφία αυτής της διαμάχης στην αρχαία ελληνική φιλοσοφία, επειδή πολλά από τα προβλήματα της σημερινής διαμάχης για την ύλη και την κίνηση, διατυπώθηκαν για πρώτη φορά εκείνη την εποχή.

2. Ο φιλοσοφικές διαισθήσεις

Οι περισσότερες προφιλοσοφικές κοσμολογίες θεωρούν το σύμπαν ως ολότητα σε αέναη εξέλιξη, κάτι που γεννήθηκε από το χάος, ή από κάποιο πρωταρχικό στοιχείο (Αρχή). Στοιχεία αυτής της μυθικής αντίληψης για το Σύμπαν, θεωρούμενο ως *causa sui*, σε αιώνια γένεση και φθορά, συναντώνται στις κοσμολογίες των πρώτων φιλοσόφων της Ιωνικής Σχολής.

Έτσι ο Θαλής (627-547 π.χ.), επηρεασμένος από την ελληνική παράδοση, αλλά και από τις ανατολικές μυθολογίες, θεώρησε το ύδωρ ως Αρχή – ως το έσχατο συστατικό της ύλης. Αρχή, σημαίνει κάτι το οποίο ούτε γεννιέται ούτε χάνεται, κάτι το οποίο διατηρείται αιωνίως μέσα από τη φθορά και τη γένεση των όντων. Στο ίδιο πνεύμα ο Αναξίμανδρος (610-546 π.Χ.) θεώρησε ότι το σύμπαν αναδύθηκε από το Άπειρο, το απεριόριστο, το οποίο είναι αγέννητο, άφθαρτο και προικισμένο με κίνηση. Η γένεση και η φθορά είναι το αποτέλεσμα της πάλης και της ενότητας των αντίθετων και διέπεται από την ανάγκη.

Στις κοσμολογίες αυτές η κίνηση θεωρείται ενδογενές κατηγορημα της ύλης. Εντούτοις ο πρώτος που διαμόρφωσε μια μονιστική και δυναμική αντίληψη για τις σχέσεις ανάμεσα στην ύλη και την κίνηση, ήταν ο Ηράκλειτος (530-470 π.Χ.). *Εν το παν*, σε αιώνια κίνηση και αλλαγή. «Ήλιος νέος εφ' ημέρη». Πρωταρχική ουσία του σύμπαντος, κατά τον Ηράκλειτο, είναι το *πυρ*, το δραστικό στοιχείο που καταβροχθίζει τα πάντα και από το οποίο γεννιέται το καθετί. «Τα δε πάντα οικιζει κεραυνός». Τα πάντα γεννιώνται από το μετασχηματισμό της φωτιάς, και η φωτιά από το μετασχηματισμό όλων των πραγμάτων. Συνεπώς η κίνηση, με τη γενικότερη έννοια του όρου, είναι το θεμελιακό χαρακτηριστικό του Σύμπαντος. Εξάλλου η κίνηση δεν είναι τυχαία κατά τον Ηράκλειτο. Ο Λόγος είναι ο αντικειμενικός νόμος της φύσης. Ταυτόχρονα είναι η νόηση η οποία συλλαμβάνει την κίνηση και την αλλαγή. Εν τούτοις, «φύσις κρύπτεσθαι φιλεί». Κατά συνέπειαν, «αρμονία αφανής, φανερός κρέσσων».

Ο Ηράκλειτος θεωρούσε το Σύμπαν άπειρο στο χώρο, αιώνιο στο χρόνο, και σε αέναο μετασχηματισμό. Στη μονιστική οντολογία του, η ύλη και η κίνηση είναι αλληλένδετες. Επίσης, σε αντίθεση με κάποιες μηχανιστικές αποχρώσεις της κοσμολογίας τους οι ατομικοί (Λεύκιππος, Δημόκριτος, και άλλοι) θεώρησαν το Σύμπαν ως συνιστάμενο από μία απειρία κόσμων σε αέναο γίγνεσθαι. Τα άτομα, θεμελιώδη συστατικά της ύλης, είναι αγέννητα, άφθαρτα, και προικισμένα με κίνηση. Τα άτομα ταυτίζονται με το *ον* και το *κενό* με το *μη ον*. Κατά τον Δημόκριτο, οι άπειροι κόσμοι δεν έχουν αρχή και τα αντικείμενα σχηματίζονται με την ένωση των ατόμων, στα οποία και αποσυντίθενται. «Μηδέν τι εκ του μη όντος γίγνεσθαι, μηδέ εις το μη ον φθείρεσθαι». Η φύση κυβερνάται από την ανάγκη. Κατά συνέπειαν, τίποτα δεν είναι τυχαίο: «ουδέν χρέμα μάτιν γίγνεσθαι, αλλά πάντα εκ λόγου τε και υπ' ανάγκης»⁵.

Αυτή είναι η γραμμή σκέψης (Ίωνες, ατομικοί) η οποία υποστηρίζει την ενότητα ύλης και κίνησης. Η άλλη, που διαμορφώθηκε από τους Ελεάτες, τους Πυθαγορείους και τον Πλάτωνα, συνιστά την άρνησή της: η κίνηση και η αλλαγή ανάγονται τώρα στην κατηγορία του επιφαινόμενου.

Πράγματι, οι Ίωνες δέχτηκαν την ύπαρξη υλικών αρχών, οι οποίες συνιστούν την ουσία των πραγμάτων. Για τους Ίωνες, η Φύση είναι μια ολότητα που προκύπτει και αναπτύσσεται από μια πρωταρχική υλική ουσία. Για τον Πυθαγόρα (580-500 π.Χ.) αντίθετα, το παν είναι *αριθμός*, κάτι σαν τα κβάντα της σημερινής φυσικής, στερημένος από υλικό περιεχόμενο. Κατά συνέπειαν το Σύμπαν δεν είναι υλικό – δεν υπάρχει τίποτα να αναζητήσουμε πέραν από τις άυλες οντότητες: τους αριθμούς. Από αυτό συνάγεται ότι η κίνηση και η αλλαγή είναι αδιανόητες σ' αυτό τον αφηρημένο κόσμο που συγκροτείται από αριθμούς και γεωμετρικές μορφές. Πολλοί σύγχρονοι φυσικοί, οι οποίοι φαντάζονται ότι ο αριθμός, οι συμμετρίες και οι διαφορικές εξισώσεις είναι η έσχατη ουσία της μικροφυσικής πραγματικότητας, μπορούν να αναγνωρίσουν εύκολα τον εαυτό τους στην πυθαγόρεια «αριθμολογία».

Οι Ίωνες, αν και εμπειριστές, πίστευαν ότι η νόηση, επεξεργαζόμενη τα δεδομένα των αισθητηρίων, μπορεί να φτάσει στην αληθινή γνώση των πραγμάτων. Ο Ξενοφάνης, αντίθετα, (6ος αιώνας π.Χ.), ιδρυτής της Σχολής της Ελέας, πίστευε ότι τα αισθητήρια συλλαμβάνουν μόνον τον κόσμο των φαινομένων. Η αισθητηριακή γνώση είναι απλή δόξα (γνώμη) και η κίνηση και η αλλαγή δεν αφορούν το *Ον*. Κατά συνέπειαν, είναι αδύνατο να γνωρίσουμε την αληθινή φύση των πραγμάτων, από το δρόμο των αισθήσεων. Το *Ον*, κατά τον Ξενοφάνη είναι αμετάβλητο. Με τη σειρά του ο Παρμενίδης (540-450 π.Χ.), μαθητής του Ξενοφάνη και των Πυθαγορείων και διάδοχος του Ξενοφάνη, θεωρούσε απατηλές τις αισθήσεις. Κατ' αυτόν, η νόηση είναι ο μόνος δρόμος προς την αλήθεια. Κατά την οντολογία των Ελεατών, η γένεση και η φθορά είναι αδύνατες. Το *Ον* είναι αιώνιο και αμετάβλητο, σε αντίθεση με το μεταβαλλόμενο Σύμπαν των Ιώνων. Αργότερα ο Ζήνων (490 π.Χ.) με τη βοήθεια των περιφημων *παραδόξων* του, προσπάθησε να αποδείξει το αδύνατο της κίνησης.

Κατά τους Ίωνες, το είναι, είναι και δεν είναι. Κατά τους Ελεάτες, είναι ή δεν είναι. Η τυπική λογική αντικαθιστά εδώ την αρχέγονη διαλεκτική της Ιωνικής Σχολής. Το *Ον* κατά τους Ελεάτες είναι αγέννητο και άφθαρτο, ομοιογενές, ακίνητο, χωρίς αρχή και χωρίς τέλος. Είναι ολοκληρωτικά παρόν, ενιαίο και συνεχές. Το *Ον είναι*, ενώ το μη *Ον*, *δεν είναι*. Το Παρμενίδειο *Ον* δεν υφίσταται αλλαγή. «Η ιδέα της γένεσης και της φθοράς γίνεται εφεξής αδιανόητη». Το *Ον* «παραμένει ακίνητο, δεμένο με γερές αλυσίδες [...] αμετάβλητο καθεαυτό και δι' εαυτό». Ο Παρμενίδης δεχόταν ότι «αν η ενότητα υπάρχει αποκλειστικά στο φως της νόησης, τότε αντίστοιχα η πολλαπλότητα υπάρχει στο φως των αισθήσεων». Η αλήθεια δίδεται από τη νόηση. Κατά συνέπειαν, τα φαινόμενα, η πολλαπλότητα και η κίνηση δεν αφορούν το Είναι⁶. Τέλος, ο Πλάτων (427-347 π.Χ.), ακολουθώντας την παράδοση των Πυθαγορείων και του Σωκράτη, διχοτόμησε την πραγματικότητα σε ένα αιώνιο και αμετάβλητο κόσμο, τον κόσμο των Ιδεών, οι οποίες υπάρχουν σε έναν «υπερουράνιο τόπο» και συνιστούν τα αρχέτυπα των αισθητών πραγμάτων, και στον αισθητό κόσμο της γένεσης και της φθοράς, ο οποίος είναι αντίγραφο, ωχρή αντανάκλαση του πραγματικού κόσμου των Ιδεών. Σύμφωνα με την οντολογία του Πλάτωνα, ο Δημιουργός έπλασε τον κόσμο όχι από το τίποτα, αλλά από ένα μείγμα Ιδεών και Ύλης και τον έκανε σφαιρικό, σύμφωνα με το κάλλιστο πρότυπο, τη σφαίρα – το ωραιότερο απ' όλα τα γεωμετρικά σχήματα. Ο Θεός εδημιούργησε τα πράγματα, σύμφωνα με τις Ιδέες. Από την αταξία εδημιούργησε τάξη. Ο Κόσμος, κατά τον Πλάτωνα, είναι ζών έμψυχον και έννοον⁷.

Κατά την Ιωνική Σχολή και τους Ατομικούς, η κίνηση είναι ενδογενής ιδιότητα της ύλης. Οι σχέσεις ανάμεσα στην ύλη και την κίνηση έγιναν περισσότερο περίπλοκες στη Σχολή της Ελέας και τη Σχολή των Πυθαγορείων. Η διχοτομία ανάμεσα στον αιώνιο και αμετάβλητο κόσμο των Ιδεών και το μεταβαλλόμενο κόσμο των αισθητών, πραγματοποιήθηκε από τον Πλάτωνα.

Ο Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.) επεχείρησε να υπερβεί την αντίθεση ανάμεσα στον αισθητό κόσμο και τον κόσμο της νόησης. Ταυτόχρονα, συνεχίζοντας κατά κάποιον τρόπο την ιωνική παράδοση, θεώρησε την κίνηση ενδογενή ιδιότητα της ύλης. Κατά τον Αριστοτέλη, η φύση είναι αρχή κινήσεως και αλλαγής. Συνεπώς, η κίνηση θεωρείται όχι μόνον ως αλλαγή θέσης, αλλά και ως μετασχηματισμός: πέρασμα από το δυνάμει, στο ενεργεία ον. Η γένεση προχωρεί από τη δυνάμει στην ενεργεία ύπαρξη. Η Φύση είναι αδιαίρετο όλον, και η αλλαγή καθορίζεται από αιτίες – από τα ενδογενή στοιχεία από τα οποία συντίθεται το αντικείμενο. Επίσης το πραγματικό είναι μέτρο του δυνάμει. Η ύλη είναι απροσδιόριστη, άμορφη, παθητική, άγνωστη καθεαυτή και πραγματώνεται χάρη στην εσωτερική της τελεολογία (εντελέχεια).

Ο Αριστοτέλης δεν δέχτηκε τη θεωρία των Ιδεών του δασκάλου του (του Πλάτωνα). Απέρριψε το διαχωρισμό μορφής και περιεχόμενου. Θεωρώντας την κίνηση ως αρχή, ο Αριστοτέλης κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο χρόνος είναι αιώνιος, χωρίς αρχή ή τέλος. Έτσι όρισε την παρούσα στιγμή ως όριο: όριο του παρελθόντος και αρχή του μέλλοντος χρόνου. Ο Αριστοτέλης θεωρούσε το χρόνο μέτρο της κίνησης και αντίστροφα. Απέρριπτε το κενό επειδή, αν θα υπήρχε, η ηρεμία θα ήταν αναπόφευκτη. Στο κενό, γράφει, η ηρεμία είναι αναπόφευκτη, επειδή δεν υπάρχει οτιδήποτε προς το οποίο κατά προτίμηση θα επραγματοποιείτο η κίνηση, δοθέντος ότι το κενό δεν ενέχει διαφορά. Εντούτοις, απορρίπτοντας το κενό, ο Αριστοτέλης, απέρριψε την ίδια στιγμή την αρχή της αδράνειας, την οποίαν διατύπωσε ως επιχείρημα εναντίον της ύπαρξης του κενού.

Ωστόσο ο Αριστοτέλης ήταν, από μια άλλη άποψη, θύμα της εποπτείας: υποστήριξε ότι ένα σώμα περνάει στην κατάσταση ηρεμίας, εάν η δύναμη που το ωθεί παύσει να λειτουργεί. Ακόμα περισσότερο: ο Αριστοτέλης, ο φιλόσοφος ο οποίος όρισε τη φύση ως «αρχή κινήσεως και αλλαγής», εισήγαγε μια τελεολογική αρχή – την εντελέχεια – και δέχτηκε την ύπαρξη ενός πρώτου κινούντος και ενός τελικού αιτίου. Επίσης διήρесе τον κόσμο σε δύο περιοχές: στον υποσελήνιο κόσμο της αλλαγής και της φθοράς και στον υπερσελήνιο, τον κόσμο των αιώνιων, τέλειων και ταυτόσημων κινήσεων, καθώς και των αιώνιων, αμετάβλητων όντων⁸. Τέλος, απορρίπτοντας το κενό, ο Αριστοτέλης θεώρησε την ύλη συνεχή: Κατά κάποιαν έννοια, ταύτισε την ύλη με το χώρο: κατ' αυτόν δεν υπάρχει έκταση διαφορετική από τα σώματα.

Κατά συνέπεια, δύο κύριες αντιλήψεις για την ύλη και την κίνηση, κυρίαρχησαν στη σκέψη των «πρώτων φιλοσόφων»: (1) Απόρριψη του κενού και συνέχεια της ύλης, (2) άτομα, δηλαδή ασυνέχεια, και ύπαρξη του κενού. Και στις δυο περιπτώσεις η κίνηση θεωρήθηκε ενδογενής ιδιότητα της ύλης⁹. Την πρώτη άποψη την ανέπτυξε παραπέρα, στα νεότερα χρόνια, ο Καρτέσιος, και τη δεύτερη ο Γαλιλαίος και ο Νεύτωνας. Αλλά με το έργο τους, η γνώση πέρασε από τη φιλοσοφική διαίσθηση, στην επιστημονική έρευνα. Το πείραμα, τα μαθηματικά και η γνώση του ειδικού, απετέλεσαν τη δύναμη της αναπτυσσόμενης επιστήμης. Από

το καθολικό – αφηρημένο της αρχαίας φιλοσοφίας, η επιστήμη περνούσε τώρα στο συγκεκριμένο και στο ειδικό. Όμως, με την ανάπτυξη της κλασικής μηχανικής, η Φύση έχασε το δυναμικό χαρακτήρα της. Πράγματι, η ενότητα της ύλης και της κίνησης έγινε προβληματική στα πλαίσια της μηχανικής. Ο Καρτέσιος χρειαζόταν τώρα το Θεό, ο οποίος θα χορηγούσε την αναγκαία ποσότητα κίνησης στη Φύση.

3. Μάζα, ύλη και ενέργεια: προς την κλασική διχοτομία

Ο Ρενέ Ντεκάρτ (1569-1650) επεχείρησε να διατυπώσει τη μηχανική στα πλαίσια ενός θεωρησιακού συστήματος. Αντίθετα με το Γαλιλαίο, ο Καρτέσιος θεωρούσε την ύλη συνεχή: ουσία η οποία έχει ως μοναδικό κατηγορημα την έκταση. Ο Καρτέσιος ταύτισε την ύλη και το χώρο: η φύση των πραγμάτων είναι η έκταση, η οποία συνιστά και τη φύση του χώρου. Κατά συνέπειαν το κενό, «με την έννοια των φιλοσόφων», είναι ανύπαρκτο. Η ομοιότητα με τις αντιλήψεις του Αριστοτέλη είναι προφανής. Αλλά για τον Αριστοτέλη η ύλη ήταν αδημιούργητη και το άπειρο δεν θεωρήθηκε ως πραγματοποιημένο, αλλά ως *γίνεσθαι*. Για τον Καρτέσιο, αντίθετα, η ύλη είχε δημιουργηθεί από το Θεό και η απειρότητα ήταν ένα από τα κατηγορήματά του. Θα ονομάσουμε τα πράγματα, έγραφε, μάλλον απροσδιόριστα παρά άπειρα, ώστε να διατηρήσουμε την έννοια της απειρότητας μόνο για το Θεό.

Κατά τον Αριστοτέλη, η κίνηση είναι ενδογενής ιδιότητα της ύλης – η φύση ορίστηκε απ' αυτόν ως «αρχή κινήσεως και αλλαγής». Στα πλαίσια της θεολογικής αντίληψης του Καρτέσιου, η κίνηση (= ενέργεια) είχε δημιουργηθεί από το Θεό και διατηρείται χάρη στη δική του βούληση: ο Θεός είναι η πρώτη αιτία της κίνησης. Νομίζω είναι προφανές, έγραφε ο Καρτέσιος, ότι ο Θεός εν τη παντοδυναμία του εδημιούργησε την ύλη, καθώς και την κίνηση και την ηρεμία, και ότι συντηρεί τώρα στο Σύμπαν, με τη συνδρομή του, την ίδια κίνηση και ηρεμία που είχε θέσει σ' αυτό κατά τη στιγμή της δημιουργίας. Η ποσότητα κίνησης στο σύμπαν διατηρείται, έστω και αν η κατανομή της στα διάφορα μέρη του δεν είναι αμετάβλητη.

Κατά τον Δημόκριτο, τον Αριστοτέλη, ακόμα και τον Πλάτωνα, η ύλη δεν είχε δημιουργηθεί. Μετά από είκοσι αιώνες, ο Καρτέσιος είχε ανάγκη από τον Δημιουργό. Κατά τον Δημόκριτο, τον Αριστοτέλη, κλπ., η κίνηση ήταν ενδογενές κατηγορημα της ύλης. Κατά τον Καρτέσιο, ήταν ο Θεός που επροίκισε την ύλη με κίνηση. Παρά ταύτα, στο έργο του Καρτέσιου συναντάμε την πρώτη διατύπωση της αρχής της διατήρησης της ενέργειας (κίνησης) έστω και αν η ενέργεια διατηρείται χάρη στην καλοσύνη του Θεού. Κατά τους «πρώτους φιλοσόφους», οι φυσικοί νόμοι είναι αντικειμενικές σχέσεις, ενδογενείς στην ύλη. Κατά τον Καρτέσιο, τους νόμους της φύσης τους καθόρισε ο Θεός. Και αν η επιστήμη είναι

δυνατή, αυτό οφείλεται στο ότι ο Θεός δε μεταβάλλει αυτούς τους νόμους. Ο Αριστοτέλης δέχτηκε την ύπαρξη ενός τελικού αιτίου. Ο Καρτέσιος, σε αρμονία με το πνεύμα της εποχής, έγγραφε ότι δεν πρέπει να διερευνούμε το σκοπό της δημιουργίας, αλλά μόνον τα μέσα με τα οποία ο Θεός δημιούργησε τα πάντα. Ο Καρτέσιος απέρριπτε την τελεολογία. Μ' αυτό τον τρόπο προσανατόλιζε τη φιλοσοφία προς τη μελέτη των νόμων της Φύσης και ειδικά, των νόμων της Μηχανικής¹⁰.

Είναι γνωστό ότι ο Καρτέσιος διατύπωσε την αρχή της αδράνειας, αλλά ότι δεν κατόρθωσε να διατυπώσει ορθά και ποσοτικά τους βασικούς νόμους της μηχανικής¹¹. Αυτό έγινε από τον Γαλιλαίο και τον Νεύτωνα.

Ο Καρτέσιος κατέφυγε στο Θεό για να εξηγήσει την κίνηση. Εντούτοις εγέμισε το χώρο με στροβίλους, δημιουργώντας μια κινηματική κατάσταση της οποίας η εξέλιξη θα μπορούσε να καθοριστεί εσαεί, και η οποία θα ήταν η δομή του κόσμου. Ο Καρτέσιος δεν υπέθεσε την ύπαρξη δυνάμεων που θα διαδίδονταν ανεξάρτητα από τη μάζα και που θα προκαλούσαν την κίνηση. Ο Νεύτων, αντίθετα, με βάση τη Δημοκρατία ατομιστική, διαμόρφωσε μια δυναμική στην οποίαν τα στοιχεία της ύλης αλληλεπιδρούν με τη μεσολάβηση δυνάμεων¹². Απ' αυτό το δρόμο γεννήθηκε η επιστήμη της μηχανικής. Εντούτοις, ούτε ο Νεύτων κατόρθωσε να λύσει το πρόβλημα των σχέσεων ύλης και κίνησης. Αυτό που η φιλοσοφία είχε διαισθανθεί, η επιστήμη δεν μπορούσε ακόμα να το αποδείξει.

Ο Δημόκριτος υποστήριξε την αιωνιότητα των ατόμων. Και ο Νεύτων, επίσης, κατέφυγε στην ιδέα του Δημιουργού: «Μου φαίνεται πιθανόν ότι ο Θεός κατά την Αρχή εδημιούργησε την Ύλη με τη μορφή στερεών, μαζικών, αδιαπέραστων, Σωματιών, δυναμένων να κινηθούν, με τέτοια μεγέθη και Σχήματα, και με τέτοιες άλλες Ιδιότητες, και με τέτοια Αναλογία στο Χώρο, ώστε να ταιριάζουν κατά τον καλύτερο τρόπο στο Σκοπό για τον οποίο τα δημιούργησε, και ότι αυτά τα πρωταρχικά Σώματα, όντας συμπαγή, είναι ασύγκριτα σκληρότερα από οποιαδήποτε πορώδη Σώματα που συντίθενται από αυτά, και ακόμα ότι είναι τόσο σκληρά, ώστε να μη φθείρονται ποτέ ή να σπάνε σε κομμάτια, επειδή καμιά συνήθης Δύναμη δεν είναι ικανή να διαρέσει αυτό που ο ίδιος ο Θεός έκανε ένα κατά την πρώτη Δημιουργία»¹³.

Η ύλη δεν είναι επ' άπειρον διαιρετή, ενώ ο χώρος είναι. Ο Νεύτων όρισε τον απόλυτο χώρο, «καθεαυτόν, χωρίς σχέσεις με οτιδήποτε εξωτερικό, ο οποίος παραμένει όμοιος με τον εαυτό του και ακίνητος». Το άπειρο κενό του Δημόκριτου έγινε τώρα το άπειρο Sensorium Dei. Κατά τον ίδιο τρόπο ο Νεύτων όρισε τον απόλυτο χρόνο, ο οποίος ρέει χωρίς σχέση με οτιδήποτε εξωτερικό. Όρισε επίσης την απόλυτη κίνηση, ως μετατόπιση ενός σώματος από μια απόλυτη θέση σε μίαν άλλη. Τέλος, δέχτηκε την ύπαρξη δυνάμεων με άπειρη ταχύτητα, εισάγοντας, μ' αυτό τον τρόπο, την αρχή της δράσης από απόσταση¹⁴.

Μ' αυτό τον τρόπο ο Νεύτων δημιούργησε το γενικό πλαίσιο της μηχανιστικής επιστήμης και ενός εξίσου μηχανιστικού σύμπαντος. Πώς εμφανίζονται τώρα οι σχέσεις ύλης και κίνησης σ' αυτό το πλαίσιο;

Ο Νεύτων όρισε ως εξής την ύλη: «Είναι η ποσότητα την οποίαν θα εννοώ εφεξής παντού με το όνομα σώμα ή μάζα». Η ποσότητα της ύλης υπολογίζεται από την πυκνότητα και τον όγκο. Με ανάλογο τρόπο, η ποσότητα της κίνησης ορίζεται από την ταχύτητα και την ποσότητα της ύλης¹⁵.

Ο Μαχ έκανε αυστηρή κριτική στις θεμελειώδεις έννοιες του Νεύτωνα τις οποίες θεώρησε ότι βρίσκονταν υπό την επίδραση της μεσαιωνικής φιλοσοφίας. Αλλά το δικό μας πρόβλημα είναι διαφορετικό: Πράγματι, *είναι νόμιμο να ταυτίζουμε τη μάζα με την ενέργεια*; Η μάζα είναι φυσικό μέγεθος, το οποίο επιδέχεται μέτρο. Η μάζα, φυσική έννοια, υπεισέρχεται στους φυσικούς νόμους. *Πώς όμως να ορίσουμε κάποιο μέτρο της ύλης; Η ύλη δεν είναι έννοια*. Είναι φιλοσοφική κατηγορία, η οποία δεν είναι λειτουργική στο χώρο της φυσικής. Παρακάτω θα αναφερθούμε σ' αυτή τη μη νόμιμη ταύτιση, η οποία αποτελεί το αφηρητικό σημείο της προ-σχετικιστικής ερμηνείας των σχέσεων μάζας και ενέργειας και της συνακόλουθης επιστημολογικής σύγχυσης.

Ας επιστρέψουμε τώρα στη νευτώνια αντίληψη της σχέσης ανάμεσα στην ύλη και την κίνηση. Ο Νεύτων όρισε την «*vis incita*» ή αδράνεια, ως εξής: Η *vis incita* ή ενδογενής δύναμη της ύλης, είναι μια δύναμη αντίστασης, χάρη στην οποία κάθε σώμα συνεχίζει την παρούσα κατάσταση της ηρεμίας ή της ομαλής ευθύγραμμης κίνησης¹⁶.

Πώς όμως να εξηγήσουμε την κίνηση και την αλλαγή, αν η αδράνεια είναι το μοναδικό χαρακτηριστικό της ύλης; Ο Νεύτων επεχείρησε να λύσει το δίλημμα χωρίς να καταφύγει πάλι στο Θεό: «Περαιτέρω μου φαίνεται ότι τα Σωμάτια αυτά δεν έχουν μόνο μια *vis inertiae*, συνοδευόμενη από τους παθητικούς Νόμους της Κίνησης οι οποίοι προκύπτουν φυσιολογικά από αυτή τη Δύναμη, αλλά ότι επίσης κινούνται από κάποιες ενεργητικές Αρχές, όπως η Βαρύτητα και αυτή που προκαλεί τη ζύμωση και τη Συνεκτικότητα των Σωμάτων. Τις Αρχές αυτές τις θεωρώ όχι απόκρυφες Ιδιότητες, οι οποίες υποτίθεται προκύπτουν από ειδικές Μορφές των Πραγμάτων, αλλά γενικούς Νόμους της Φύσης, οι οποίοι εμφανίζονται σε μας με τα Φαινόμενα, αν και οι αιτίες τους δεν έχουν ακόμα ανακαλυφθεί. Επειδή αυτές είναι έκδηλες Ιδιότητες και μόνον οι Αιτίες τους είναι λανθάνουσες»¹⁷.

Ο Νεύτων επεχείρησε να υπερβεί το άκαμπτο πνεύμα της μηχανικής: να ανακαλύψει τις αιτίες της κίνησης στην ίδια την ύλη. Εντούτοις ήταν ακόμα πολύ ενωρίς! Η Θερμодυναμική διευκρίνισε το 19ο αιώνα την έννοια της ενέργειας και διατύπωσε ποσοτικά τις αρχές διατήρησης και μετασχηματισμού¹⁸. Παρά ταύτα η Θερμодυναμική παρέμενε εξαρτημένη από τη νευτώνια ταύτιση της μάζας με την ύλη. Και καθώς η ενέργεια δεν είχε μάζα, οι φυσικοί διαίρεσαν την πραγματικότητα σε δύο διαφορετικές ουσίες: *την υλική μάζα και την «άυλη» ενέργεια*. Ο κλασικός και ο νεότερος ενεργητισμός έχουν τις ρίζες τους σ' αυτό το μη νόμιμο αμάλγαμα δύο επιστημονικών εννοιών με μια φιλοσοφική κατηγορία. Ο απόλυτος χώρος και ο απόλυτος χρόνος δεν αντιφάσκουν με την εποπτεία. Στη βάση

της τεχνικής του 18ου αιώνα ήταν αδύνατο να διαψευσθεί η υπόθεση της δράσης από απόσταση. Εντούτοις, πριν από το Νεύτωνα, ο Καρτέσιος δέχτηκε την ύπαρξη μιας δράσης η οποία μεταδίδεται με συνεχή τρόπο και ο Κρίστιαν Χιούγκενς, σύγχρονος του Νεύτωνα, υπεστήριξε ότι η διάδοση του φωτός μέσα από την αιθέρια ύλη, δεν είναι στιγμιαία, αλλά διαδοχική και κατά συνέπειαν απαιτεί χρόνο¹⁹. Εντούτοις ο Μάξγουελ ήταν αυτός που θα απεδείκνυε μετά από 150 χρόνια περίπου, την πεπερασμένη ταχύτητα διάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας.

Ο Νεύτων ήταν ρεαλιστής. Κατ' αυτόν η επιστημονική μέθοδος ήταν η επαγωγή και ο ίδιος διακήρυξε στα *Principia*: *Δεν διατυπώνω υποθέσεις*. Αλλά στην πραγματικότητα *έκανε υποθέσεις* και μάλιστα μεταφυσικές. Αλλά γενικά η επιστήμη του ήταν η γενίκευση της εμπειρίας. Δεν είναι συνεπώς τυχαίο ότι ο Αϊνστάιν έγραψε στον *Πρόλόγο* του στην *Οπτική* του Νεύτωνα: «Τυχερό Νεύτωνα, ευτυχισμένη παιδικότητα της επιστήμης. Όποιος έχει χρόνο και ηρεμία, μπορεί, διαβάζοντας αυτό το βιβλίο, να ζήσει ξανά τα θαυμάσια γεγονότα τα οποία έζησε ο μεγάλος Νεύτων στις ημέρες της νεότητάς του. Η Φύση ήταν γι' αυτόν ανοικτό βιβλίο, του οποίου τα γράμματα μπορούσε να διαβάσει χωρίς προσπάθεια. Οι έννοιες τις οποίες χρησιμοποίησε για να βάλει τάξη στο υλικό της εμπειρίας φαινόταν να ρέουν αυθόρμητα από την ίδια την εμπειρία»²⁰.

Εντούτοις η εμπειρία και η εποπτεία μπορεί να είναι απατηλές και ήταν ο ίδιος, ο Αϊνστάιν ο οποίος απεκάλυψε τα όρια της νευτώνιας αντίληψης για το χώρο, το χρόνο, τη μάζα και την ενέργεια. Με τον Αϊνστάιν δέσποσε πάλι η αριστοτελική παράδοση. Πράγματι, η γενική θεωρία της σχετικότητας συνεπάγεται την αναπαράσταση της φυσικής πραγματικότητας με τη βοήθεια ενός *συνεχούς πεδίου*. Η έννοια του σωματίου, γράφει ο Αϊνστάιν, δεν μπορεί να παίξει θεμελιώδη ρόλο, όπως και η έννοια της κίνησης. Το σωματίο μπορεί να θεωρηθεί μια περιορισμένη περιοχή του χώρου, όπου η πυκνότητα της ενέργειας είναι εξαιρετικά υψηλή. Οι μάζες εμφανίζονται στη γενική σχετικότητα σαν ιδιομορφίες του πεδίου²¹.

Και όμως η νευτώνια παράδοση συσκοτίσε τις σχέσεις ανάμεσα στη μάζα, την ύλη και την ενέργεια, ακόμα και στην εποχή της σχετικότητας.

4. Η Σχετικότητα και η προ-σχετικιστική ερμηνεία της

Ο Ερνστ Μαχ έγραψε στον *Πρόλογο* της περίφημης *Επιστήμης της Μηχανικής* (1883): «Σκοπός της είναι να αποσαφηνίσει ιδέες, να εκθέσει την πραγματική σημασία της ύλης και να τις απαλλάξει από μεταφυσικές ασάφειες»²².

Ο Μαχ υπογραμμίζει στο βιβλίο του τα μεγάλα επιτεύγματα του Νεύτωνα, πέραν από τον Γαλιλαίο και τον Χιούγκενς, αναφορικά με την εισαγωγή της έννοιας της μάζας, τη γενίκευση της έννοιας της δύναμης, κ.ο.κ. Ωστόσο ο Μαχ έκανε μια αυστηρή κριτική των πιο θεμελιακών εννοιών που εισήγαγε ο Νεύτων-

νας (απόλυτος χώρος, απόλυτος χρόνος, μάζα, απόλυτη κίνηση, κλπ.). Σε σχέση με τις έννοιες της μάζας και της ύλης, ο Μαχ έγραφε: «Αναφορικά με την έννοια της «μάζας», θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι η διατύπωση του Νεύτωνα, η οποία ορίζει τη μάζα ως την ποσότητα της ύλης ενός σώματος μετρούμενη με το γινόμενο του όγκου και της πυκνότητάς της, είναι άτυχη. Ο φαύλος κύκλος είναι προφανής, εφόσον μπορούμε να ορίσουμε την πυκνότητα ως τη μάζα της μονάδας του όγκου»²³. Σύμφωνα με τον Μαχ, ακόμα και η έκφραση «ποσότητα ύλης» δεν είναι κατάλληλη για να εξηγήσει και να αποσαφηνίσει την έννοια της μάζας, επειδή η ίδια η έκφραση δεν κατέχει την απαιτούμενη σαφήνεια. Ο ορισμός της μάζας είναι ψευδο-ορισμός και ο ορισμός της αδράνειας κατέστη περιττός. Ο Νεύτων, σύμφωνα με τον Μαχ, βρισκόταν ακόμα υπό την επίδραση της μεσαιωνικής φιλοσοφίας.

Ο Μαχ ξύπνησε τον Αϊνστάιν από το «δογματικό ύπνο» του, συμβάλλοντας, μ' αυτόν τον τρόπο στη διατύπωση της Σχετικότητας. Εντούτοις ήταν αδύνατο, και για τον Μαχ, να αποσαφηνίσει τις σχέσεις ανάμεσα στη μάζα, την ύλη και την ενέργεια. Πράγματι, κατά τον Μαχ, μακρινό μαθητή του Χιούμ, η ύλη δεν ήταν τίποτα περισσότερο από «ένας συνδυασμός αισθητηριακών στοιχείων, σύμφωνα με ορισμένους νόμους». Κατά τον Μαχ, «η επιστήμη δεν χάνει τίποτα, αν η «ύλη», η οποία είναι ένα άκαμπτο, στείρο, σταθερό, άγνωστο κάτι, αντικατασταθεί από ένα σταθερό νόμο»²⁴.

Ο Μαχ απέρριψε τη «μεσαιωνική φιλοσοφία» του Νεύτωνα, υπέρ μιας εμπειριστικής φιλοσοφίας. Εντούτοις ήταν αδύνατο να λύσει ένα πραγματικό πρόβλημα, με το να θεωρήσει την ύλη σαν ένα «άγνωστο κάτι», σύμφωνα με την παράδοση του Χιούμ και του Καντ. Αλλά προτού επιχειρήσουμε να διατυπώσουμε μια απάντηση σ' αυτό το πρόβλημα, ας δούμε την προ-σχετικιστική ερμηνεία των σχέσεων μάζας, ύλης και ενέργειας, στα πλαίσια της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας. Ας επιχειρήσουμε λοιπόν να αναδειξουμε αυτή την αντίφαση.

Πράγματι, η περίφημη σχέση του Αϊνστάιν ανάμεσα στη μάζα και την ενέργεια, ερμηνεύθηκαν σαν σχέση *ισοδυναμίας*. Στο άρθρο του 1905, ο Αϊνστάιν έγραφε: «Αν ένα σώμα αποδίδει ενέργεια L με τη μορφή ακτινοβολίας, η μάζα του μειώνεται κατά L/c^2 . Το γεγονός ότι η ενέργεια που αφαιρείται από το σώμα, γίνεται ενέργεια ακτινοβολίας, προφανώς δεν δημιουργεί πρόβλημα. Έτσι οδηγούμαστε στο ακόλουθο συμπέρασμα: Η μάζα ενός σώματος είναι μέτρο του ενεργειακού του περιεχόμενου»²⁵. Η μάζα ενός σώματος δεν είναι αμετάβλητη, όπως δεχόταν η νευτώνια Φυσική. Η αδρανειακή μάζα αυξάνει με την ενέργεια που περιέχει το σώμα.

Ως εδώ, δεν υπάρχει πρόβλημα. Ποιο είναι όμως το νόημα των προηγούμενων σχέσεων; Η κλασική φυσική δεχόταν δύο αρχές: Την αρχή της διατήρησης της μάζας, η οποία ταυτιζόταν με τη φιλοσοφική αρχή της αφθαρσίας της ύλης (Δημόκριτος, Λαβουαζιέ), καθώς και την αρχή της διατήρησης της ενέργειας, η οποία θεωρείτο αβαρής, και κατά συνέπεια, *άυλη ουσία*. Αντίθετα, κατά τη Σχετικό-

τητα, η αδρανειακή μάζα ενός σώματος, μπορεί να θεωρηθεί μέτρο της ενέργειάς του. Έτσι, η αρχή της διατήρησης, της μάζας ταυτίστηκε με την αρχή της διατήρησης της ενέργειας²⁶. Μ' αυτό τον τρόπο, ο ίδιος ο Αϊνστάιν και μαζί του, η ολότητα σχεδόν των φυσικών και των φιλοσόφων, ερμήνευσαν την περίφημη εξίσωση του Αϊνστάιν όχι σαν μια σχέση αναλογίας ανάμεσα σε δύο διαφορετικά και αντίθετα κατηγορήματα της ύλης (αδράνειας και κίνησης) αλλά σαν σχέση ισοδυναμίας²⁷.

Η ισοδυναμία οδήγησε στο επόμενο βήμα: στην ταύτιση της μάζας και της ενέργειας. Όπως έγραψε ο ίδιος ο Αϊνστάιν, «η ειδική θεωρία της σχετικότητας οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η αδρανειακή μάζα δεν είναι τίποτα περισσότερο ή λιγότερο από ενέργεια η οποία βρίσκει την πλήρη μαθηματική της έκφραση σε ένα συμμετρικό τανυστή δευτέρας τάξεως, τον τανυστή ενέργειας»²⁸.

Ο Αϊνστάιν δεν κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η ουσία του σύμπαντος είναι η «άυλη» ενέργεια. Άλλοι φυσικοί και φιλόσοφοι, πραγματοποίησαν ωστόσο αυτό το βήμα. Πράγματι, αν, ακολουθώντας τον Νεύτωνα, ταυτίσουμε τη μάζα με την ύλη, και αν, σύμφωνα με την κλασική θερμοδυναμική, ταυτίσουμε την ενέργεια με μια ουσία χωρίς μάζα, δηλαδή με μια άυλη ουσία, και αν, τελικά, δεχτούμε μία σχέση ισοδυναμίας ανάμεσά τους, τότε, είναι επιτρεπτό να ρωτήσουμε: ποια είναι η «ουσία» του κόσμου; Η μάζα-ύλη ή η ενέργεια;

Ο νεότερος ενεργητισμός θεώρησε την ενέργεια σαν την έσχατη ουσία του κόσμου, στη βάση της νευτώνιας ταύτισης της ύλης με τη μάζα: Η μάζα δεν είναι άλλο από ενέργεια. Όμως η ενέργεια είναι άυλη ουσία. Συμπέρασμα: ο κόσμος αποτελείται από μια άυλη ουσία. Ο επίσκοπος Τζωρτζ Μπέρκλεϋ (1685-1753) θα ήταν πολύ ευτυχής αν είχε στην εποχή του τη δυνατότητα να διατυπώσει ένα τέτοιο συντριπτικό επιχείρημα εναντίον της ύλης.

Ας παραθέσουμε ακόμα μια φορά τον Χάιζμπεργκ, για να συγκεκριμενοποιήσουμε αυτή την άποψη: «Εφόσον η μάζα και η ενέργεια είναι, σύμφωνα με τη θεωρία της σχετικότητας, ουσιαστικά οι ίδιες έννοιες, μπορούμε να πούμε ότι όλα τα στοιχειώδη σώματα αποτελούνται από ενέργεια. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί ως κάτι το οποίο ορίζει την ενέργεια ως πρωταρχική ουσία του κόσμου»²⁹. Η άποψη του Χάιζμπεργκ εναρμονίζεται με το νεο-πλατωνισμό του. Υπάρχουν ωστόσο άλλοι συγγραφείς, οι οποίοι, από την προ-σχετικιστική ερμηνεία της εξίσωσης του Αϊνστάιν, επιχείρησαν να διαμορφώσουν μια σύγχρονη πνευματοκρατική οντολογία με επιστημονική θεμελίωση. Έτσι ο πατήρ Τεϊγιάρ ντε Σαρντέν έγραφε με το γνωστό ποιητικό ύφος του: «Η ενέργεια, παγκόσμια κυμαινόμενη οντότης, απ' όπου το παν αναδύεται και όπου ξαναπέφτει σαν σε ωκεανό. Η Ενέργεια, το νέο Πνεύμα. Η Ενέργεια, ο νέος Θεός. Στο Ωμέγα του Κόσμου, όπως και στο Άλφα, το Απρόσωπο». Μ' αυτό τον τρόπο η εξέλιξη του Σύμπαντος είναι «μια άνοδος προς τη Συνείδηση» και «οφείλει να αποκορυφωθεί σε μια Ανώτατη Συνείδηση»³⁰. Ο Τεγιάρ ντε Σαρντέν δεν ήταν ο μόνος επιστήμονας ο οποίος ερμήνευσε μ' αυτό τον τρόπο τις σχέσεις ύλης, μάζας και ενέργειας.

Τα σωματία είναι σταθερά στο επίπεδο προσέγγισης της κλασικής φυσικής. Στο επίπεδο της σχετικιστικής φυσικής έχουμε μετασχηματισμό σωματίων: Μαζικά σωματία μετασχηματίζονται σε μη μαζικά. Επίσης μη μαζικά σωματία (φωτόνια) μετασχηματίζονται σε μαζικά. Στο πλαίσιο της προ-σχετικιστικής ερμηνείας των σχέσεων μάζας και ενέργειας, ο μετασχηματισμός μαζικών σωματίων σε σωματία με μηδενική μάζα ηρεμίας, ερμηνεύθηκε ως *αφυλοποίηση* της ύλης. Ο αντίστροφος μετασχηματισμός ερμηνεύθηκε ως *υλοποίηση* της ενέργειας. Για μια ακόμα φορά, η ταύτιση της ύλης με τη μάζα και της ενέργειας με άυλη ουσία, οδήγησε σε μια ερμηνεία της οποίας η νομιμότητα μπορεί να αμφισβητηθεί.

Πράγματι, οι προηγούμενες ερμηνείες είναι προ-σχετικιστικές, επειδή χρησιμοποιούν έννοιες οι οποίες προϋποθέτουν τον τρισδιάστατο Ευκλείδιο χώρο. Αλλά καθώς η σχετικότητα περνά από τον τρισδιάστατο Ευκλείδιο χώρο στον τετραδιάστατο ψευδο-Ευκλείδιο χώρο του Μινκόφσκι, τα κλασικά μεγέθη αντικαθίστανται τώρα από νέα, που προϋποθέτουν το νέο χωροχρονικό πλαίσιο: Σ' αυτό το πλαίσιο, μόνο τετραδιάστατα, συμμεταβαλλόμενα μεγέθη έχουν φυσικό νόημα. Κατά συνέπεια, το φυσικό περιεχόμενο των νέων εννοιών και σχέσεων πρέπει να αναλυθεί στο τετραδιάστατο πλαίσιο.

5. Για μια σχετικιστική ερμηνεία των σχέσεων μάζας και ενέργειας

Η ύλη δεν είναι επιστημονική έννοια. Είναι οντολογική κατηγορία. Κατά συνέπεια, δεν είναι λειτουργική στο χώρο των επιστημών: δεν υπάρχει μέτρο της ύλης. Η ύλη ως «έννοια» δεν υπεισέρχεται στις σχέσεις και στους τύπους της φυσικής. Γενικότερα, η επιστήμη δεν ασχολείται γενικά με την ύλη, αλλά με ειδικές μορφές ύλης και ειδικές σχέσεις. Η ύλη είναι μία αφαίρεση. Είναι το γενικό αφηρημένο, το οποίο εγκλείει στη γενικότητά του, την πολλαπλότητα του συγκεκριμένου: μαζικά σωματία, πεδία, σωματία με μηδενική μάζα ηρεμίας, ίσως τα «κύματα-φαντάσματα» του Αϊνστάιν, τα οποία δεν μεταφέρουν ιδιομορφία (σωμάτιο).

Η ύλη δεν είναι έννοια. Γενικά, απλώς υποδηλώνει το αντικείμενο της επιστημονικής έρευνας. Η μάζα και η ενέργεια, αντίθετα, αντιστοιχούν σε φυσικά μεγέθη. Είναι επιστημονικές έννοιες οι οποίες έχουν το φυσικό αντίστοιχό τους.

1. Η μάζα είναι το μέτρο της αδράνειας – ενός κατηγορήματος της ύλης.
2. Η ενέργεια είναι το μέτρο της κίνησης – ενός αντίθετου κατηγορήματος της ύλης.
3. Τα δύο μέτρα των δύο αυτών κατηγορημάτων συνδέονται με την περιφημη σχέση: $E = mc^2$.

Πώς μπορούμε τότε να ερμηνεύσουμε την προηγούμενη εξίσωση; Ας ξεχάσουμε προς στιγμήν τον τετραδιάστατο φορμαλισμό. Η προηγούμενη εξίσωση δεν είναι εξίσωση ισοδυναμίας. Στο τρισδιάστατο πλαίσιο είναι μια σχέση αναλογίας ανάμεσα σε δύο διαφορετικά κατηγορήματα της ύλης. (Για να

πάρουμε την ενέργεια E που αντιστοιχεί σε μια μάζα m , πρέπει να πολλαπλασιάσουμε τη μάζα όχι με κάποιο καθαρό αριθμό, αλλά με το τετράγωνο μιας ταχύτητας).

Αν απορρίψουμε την ταύτιση της μάζας με την ύλη, και ταυτόχρονα την ταύτιση της ενέργειας με κάποια ουσία (άυλη, κλπ.), μπορούμε να διατυπώσουμε μία συνεκτική ερμηνεία της εξίσωσης του Αϊνστάιν, καθώς και ενός αριθμού σχετικών ερωτημάτων.

Η μάζα δεν είναι ύλη. Είναι το μέτρο ενός κατηγορήματος της ύλης. Η ενέργεια δεν είναι ουσία. Είναι το μέτρο ενός άλλου κατηγορήματος της ύλης. Η φυσική σημασία της σχέσης του Αϊνστάιν δεν είναι ότι η ύλη ή μάζα είναι ισοδύναμη με την ενέργεια, και αντίστροφα.

Ας πάρουμε ένα παράδειγμα: Ο μετασχηματισμός

$$h\nu \rightarrow e^- + e^+$$

δεν αντιστοιχεί στην υλοποίηση της ενέργειας, αλλά στη μετατροπή ενός σωματίου με μηδενική μάζα ηρεμίας σε δύο μαζικά σωματίδια.

Με την ίδια έννοια, ο μετασχηματισμός

$$e^- + e^+ \rightarrow h\nu$$

δεν αντιστοιχεί σε κάποια «αφυλοποίηση» της ύλης, αλλά στη μετατροπή δυο μαζικών σωματίων σε ένα σωματίο με μηδενική μάζα ηρεμίας.

Γενικότερα, δεν είναι επιστημολογικά νόμιμο να μιλάμε για υλικά και μη υλικά σωματίδια, αλλά για μαζικά σωματίδια (λεπτόνια, βαρυόνια, μεσόνια, κλπ.) και για σωματίδια με μηδενική μάζα ηρεμίας (φωτόνια, βαρυτόνια). Μ' αυτό τον τρόπο είναι δυνατόν να φθάσουμε σε μια ενιαία – μονιστική αντίληψη για την ύλη: να αποδείξουμε την οντική ενότητα της ύλης, στη διαφορότητα των μορφών της.

Στο τρισδιάστατο πλαίσιο είναι επίσης δυνατόν να αναδιατυπώσουμε τις κλασικές αρχές διατήρησης. Πράγματι, η κλασική φυσική έθετε ως αιτήματα, τη διατήρηση της μάζας-ύλης και τη διατήρηση της ενέργειας. Σύμφωνα με την προσχετικιστική ερμηνεία την οποίαν επιχειρώ να ανασκευάσω εδώ, οι δύο αρχές περιορίστηκαν από τη σχετικότητα σε μία και μοναδική. Εντούτοις η ερμηνεία αυτή προϋποθέτει ότι η μάζα, όπως και η ενέργεια είναι ουσίες. Αλλά αντίθετα, είναι δυνατόν να αναδιατυπώσουμε τις δυο κλασικές αρχές χωρίς να χρησιμοποιούμε «ουσίες», αλλά κάνοντας χρήση των γενετικών σχέσεων ανάμεσα στο δυνάμει και στο ενεργεία. Έτσι, κατά τη μετατροπή μαζικών σωματίων σε μη μαζικά, η ενεργεία μάζα γίνεται δυνάμει μάζα, ενώ η δυνάμει ενέργεια γίνεται ενεργεία. Το αντίστροφο ισχύει κατά τη μετατροπή μη μαζικών σωματίων σε μαζικά.

Μπορούμε συνεπώς να ορίσουμε την ολική μάζα ενός σωματίου ως το άθροισμα της ενεργεία και της δυνάμει μάζας του:

$$M_T = M_A + E/c^2$$

Αντίστοιχα, μπορούμε να ορίσουμε την ολική ενέργεια

$$E_T = E + m_0 c^2$$

Κατά το μετασχηματισμό των σωματιών η ενεργεία μάζα ή η ενεργεία ενέργεια μπορεί να γίνει δύναμη και αντίστροφα. Εντούτοις η ολική μάζα M_T και η ολική ενέργεια E_T διατηρούνται. Μ' αυτό τον τρόπο, είναι δυνατόν να αναδιατυπώσουμε τις αρχές διατήρησης, λαμβάνοντας υπόψη τις δυναμικές σχέσεις ανάμεσα στη μάζα και την ενέργεια, ανάμεσα στο δύναμη και στο ενεργεία:

1) Αρχή της διατήρησης της μάζας: $M_T = M_A + M_P$. Η ενεργεία και η μάζα συνολικά, διατηρούνται σε όλες τις αλληλομετατροπές.

2) Αρχή της διατήρησης της ενέργειας: $E_T = E_A + E_P$. Η ολική ενέργεια του συστήματος – ενεργεία και δύναμη – διατηρούνται σε όλες τις αλληλομετατροπές³¹.

Προφανώς, η αρχή της διατήρησης της μάζας δεν έχει σχέση με τη λεγόμενη «αρχή της διατήρησης της ύλης» επειδή η ύλη, όπως υποστηρίχθηκε ήδη, δεν είναι έννοια και κατά συνέπεια δεν έχει μέτρο. Η αρχή της αφθαρσίας της ύλης είναι οντολογικό αξίωμα. Κατά συνέπεια είναι αδύνατο να επαληθευθεί ή να διαψευσθεί εμπειρικά. Η πρόταση: *η ύλη είναι αδημιούργητη και άφθαρτη*, δεν είναι ούτε αληθής ούτε ψευδής: είναι, πιθανόν, *ορθή*³². Ο Λαβουαζιέ απέδειξε, στα όρια ακρίβειας των πειραματικών δυνατοτήτων της εποχής του, *τη διατήρηση της μάζας, όχι της ύλης*. Επιπλέον, η απόδειξή του είναι λανθασμένη, από την άποψη της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας.

Ας περάσουμε τώρα στο σχετικιστικό πλαίσιο, για να αναδείξουμε τις γνήσια σχετικιστικές έννοιες και σχέσεις, και να διατυπώσουμε ορισμένα επιπλέον επιχειρήματα εναντίον της προ-σχετικιστικής ερμηνείας των σχέσεων ανάμεσα στη μάζα και την ενέργεια.

Η σχέση του Αϊνστάιν έχει συγκεκριμένο περιεχόμενο στο τριδιάστατο πλαίσιο. Πρόκειται για μια σχέση ανάμεσα σε δύο φυσικά μεγέθη – μέτρα δύο κατηγορημάτων της ύλης. Αλλά τα μόνα μεγέθη που έχουν φυσική σημασία στο σχετικιστικό τετραδιάστατο πλαίσιο, είναι τα τετραδιάστατα συμμεταβαλλόμενα μεγέθη.

Στο προ-σχετικιστικό πλαίσιο, η ενέργεια έχει ένα αυτόνομο νόημα και ένα δήθεν status «ουσίας». Αλλά η ενέργεια έχει ένα πραγματικό φυσικό νόημα μόνο στο τετραδιάστατο πλαίσιο, με το να είναι η χρονική συνιστώσα του τετραδιάνυσματος ορμής-ενέργειας. Συνεπώς, η ενέργεια έχει νόημα μόνο σε αμοιβαία εξάρτηση με τις τρεις χωρικές συνιστώσες που αντιπροσωπεύουν την ορμή. Αυτό είναι ένα γνήσιο σχετικιστικό επιχείρημα εναντίον της αντίληψης της ενέργειας ως ανεξάρτητης ουσίας. Το γεγονός ότι η μάζα και η ενέργεια εισέρχονται στο ίδιο

τετραδιάνυσμα ως οι διαφορετικές συνιστώσες του, είναι η τυπική έκφραση της ενότητας και ταυτόχρονα της διαφοράς των αντίθετων αυτών κατηγορημάτων της ύλης.

Επισημάναμε το νόημα της έννοιας της μάζας στο τρισδιάστατο πλαίσιο. Στο πλαίσιο αυτό η μάζα είναι σχετικό μέγεθος. Από την άλλη πλευρά, η μάζα αντιστοιχεί στις χωρικές συνιστώσες του διανύσματος ορμής-ενέργειας. Το αμετάβλητο μέγεθος στον τετραδιάστατο φορμαλισμό είναι η μάζα ηρεμίας:

$$P_{\mu}P^{\mu} = \frac{(P^0)^2}{q} - \frac{\Sigma(P^q)^2}{1-\beta^2} = \frac{m_0^2 c^2}{c^2} (1 - \Sigma(v^q)^2) = m_0^2 c^2$$

Ο προηγούμενος τύπος είναι η έκφραση ενός αμετάβλητου μεγέθους για ένα δεδομένο σωματίο: της μάζας ηρεμίας. Αποτελεί επίσης έκφραση της ενότητας και ταυτόχρονα της διαφοράς μάζας και ενέργειας. Δεν είναι, εντούτοις, έκφραση ταυτότητας της ενέργειας και της ορμής, ούτε της ανυπαρξίας της μάζας ως ανεξάρτητης οντότητας, όπως υποστήριξε ο Αϊνστάιν³³. Από την άλλη πλευρά, η m_0 θεωρείται ενίοτε ως το ποσοτικό μέτρο της ύλης, και η διατήρηση της ολικής μάζας ή της ολικής ενέργειας ερμηνεύεται ως έκφραση της αφθαρσίας της ύλης και της αφθαρσίας της κίνησης³⁴. Εντούτοις, σύμφωνα με την άποψη που διατυπώνεται εδώ, δεν υπάρχει μέτρο της ύλης. Κατά συνέπεια, ο προηγούμενος ισοχυρισμός, στερείται νοήματος. Το «μήκος» του διανύσματος ορμής-ενέργειας δεν αποτελεί μέτρο της ύλης. Το διάνυσμα αυτό είναι η γεωμετρική απεικόνιση της αμοιβαίας μεταβολής της χρονικής και των χωρικών συντεταγμένων, δηλαδή της ενέργειας και της μάζας, κατά την κίνηση. Η αμεταβλητότητά του δεν είναι ασύμβατη με τη μεταβλητότητα των «συνιστωσών» του, δηλαδή, με τη σχετικότητα της μάζας και της ενέργειας, αν αναλύσουμε το τετραδιάνυσμα σε δύο «υπο-χώρους»: στον τρισδιάστατο χώρο και στο μονοδιάστατο χρόνο.

Αν απορρίψουμε την ταύτιση της μάζας με την ενέργεια, τότε θα ήταν δυνατόν να διευρύνουμε την κατηγορία της ύλης, ώστε να περιλάβει κάθε οντότητα που υπάρχει ανεξάρτητα από το υποκείμενο. Αλλά τότε η μάζα ηρεμίας παύει να αποτελεί αναγκαίο κατηγορημα της ύλης. Η άποψη αυτή έχει ένα σταθερό έρεισμα στο φορμαλισμό της ειδικής σχετικότητας, στα πλαίσια της οποίας είναι δυνατή η ύπαρξη σωματίων με ορμή, ενέργεια, κ.λπ., έστω και αν η μάζα ηρεμίας τους είναι μηδενική.

Πράγματι, από τον τύπο

$$E = \sqrt{(m_0 c^2)^2 + c^2 p^2}$$

λαμβάνουμε

$$p = \sqrt{E^2/c^2 - m_0^2 c^2}$$

Τότε, αν $m_0 = 0$, $p = E/c$

Στην περίπτωση των φωτονίων, καταλήγουμε στο γνωστό τύπο:

$$p = E/c = hv/c$$

Μ' αυτό τον τρόπο η κατηγορία της ύλης αποσυνδέεται από την έννοια της μάζας ηρεμίας. (Προφανώς, ακόμα και αν το φωτόνιο έχει μηδενική μάζα ηρεμίας, έχει μια δυνάμει μάζα η οποία αντιστοιχεί στην ενέργειά του και πραγματώνεται κατά την τυχόν μετατροπή του σε μαζικά σωμάτια). Και, όπως είναι γνωστό, σήμερα υπάρχουν θεωρητικές και πειραματικές έρευνες οι οποίες αποσκοπούν να ανακαλύψουν τα «κενά κύματα» ή «κύματα-φαντάσματα» του Αϊνστάιν. Οι οντότητες αυτές, αν και στερημένες από μάζα και ενέργεια, προκαλούν φυσικά φαινόμενα.

Είναι δυνατόν συνεπώς να διευρύνουμε την κατηγορία της ύλης, ώστε να περιλάβουμε όχι μόνο τα μαζικά σωμάτια, συστατικά των ατόμων, κλπ., αλλά και τα μη μαζικά, – το ηλεκτρομαγνητικό και το βαρυτικό πεδίο. Μ' αυτό τον τρόπο, η κλασική διάκριση ανάμεσα στην ύλη και στο πεδίο, χάνει το νόημά της. Μια τέτοια διεύρυνση εναρμονίζεται με το φορμαλισμό, καθώς και με το φυσικό περιεχόμενο των θεωριών του Αϊνστάιν.

Στο άρθρο του για τη Γενική Σχετικότητα (1916) ο Αϊνστάιν έγραφε: «Κάνουμε εφεξής μια διάκριση ανάμεσα στο «βαρυτικό πεδίο» και την «ύλη», με τρόπο που ονομάζουμε «ύλη» το καθετί, εκτός από το βαρυτικό πεδίο. Η χρήση της λέξης, συνεπώς, περιλαμβάνει, όχι μόνο την ύλη με τη συνήθη έννοια, αλλά και το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο». Εδώ ο Αϊνστάιν ξεπερνά την κλασική διάκριση ύλης και πεδίου, χωρίς να φθάνει σε μια ενιαία αντίληψη η οποία θα περιλάμβανε και το βαρυτικό πεδίο. Εντούτοις στο ίδιο άρθρο ο Αϊνστάιν τονίζει ότι «το βαρυτικό πεδίο δρα βαρυτικά με τον ίδιο τρόπο, όπως κάθε άλλο είδος ενέργειας», δημιουργώντας έτσι τη δυνατότητα να περιλάβουμε και το βαρυτικό πεδίο στην κατηγορία της «ύλης»³⁵.

Η σχετικότητα και η κβαντική θεωρία αχρήστευσαν την οντολογική αντίθεση ανάμεσα στην ύλη και το πεδίο. Στα πλαίσια αυτών των θεωριών είναι δυνατόν να δεχτούμε την ύπαρξη μιας μοναδικής πραγματικότητας με μορφή, τόσο μαζικών, όσο και μη μαζικών οντοτήτων. Οι διάφορες μορφές αυτής της πραγματικότητας μετασχηματίζονται αμοιβαία, σύμφωνα με καθολικούς νόμους διατήρησης. Το γεγονός αυτό αποτελεί μια πρόσθετη ένδειξη της οντικής ενότητας της ύλης. Οι διαφορές που αφορούν στη μάζα, το φορτίο, τη σωματιδιακή ή την κυματική μορφή, κ.ο.κ., είναι ειδικές διαφορές στα πλαίσια της καθολικής οντικής ενότητας.

Τελικά, αξίζει να τονίσουμε μια ακόμα ένδειξη ενότητας ανάμεσα στην «ύλη» και το «πεδίο». Όπως είναι γνωστό, κατά τη γενική θεωρία της σχετικότητας,

η μορφή του χωρο-χρονικού συνεχούς καθορίζεται από την κατανομή της ύλης, όπως αυτή εκφράζεται στον ταυνοστή ορμής-ενέργειας. Στην περίπτωση των μαζικών σωματιών, ο ταυνοστής αυτός έχει τη μορφή

$$M_{\mu}^{\epsilon} = m_0 c^2 u_{\mu}^{\epsilon}$$

Στην περίπτωση μαζικών σωματιών και πεδίου, έχουμε:

$$M_{\mu}^{\epsilon} = m_0 c^2 u_{\mu}^{\epsilon} + \tau_{\mu}^{\epsilon}$$

όπου τ_{μ}^{ϵ} αντιπροσωπεύει τη συνεισφορά του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου.

Δεν υπάρχει διχοτομία ανάμεσα στην «ύλη» (= μαζικά σωματίδια) και το πεδίο. (Άλλωστε, άλλα «πεδία» συγκροτούνται από μαζικά σωματίδια. Επίσης το «πεδίο» μετασχηματίζεται σε «σωμάτια» και αντίστροφα). Κατά συνέπεια, εφ' όσον το πεδίο είναι η κατ' εξοχήν έκφραση της κίνησης, έχουμε, και από αυτή επίσης την άποψη ένα συμπληρωματικό επιχείρημα υπέρ της ενότητας ύλης και κίνησης³⁶.

6. Παράδοξα και ανοικτά ερωτήματα

Και η Σχετικότητα έχει τα παράδοξά της και ανοικτά ερωτήματα. Ας σημειώσουμε ορισμένα, τα οποία σχετίζονται με το θέμα αυτού του άρθρου.

Η μάζα ηρεμίας ενός φωτονίου θεωρείται μηδενική. Ποιο είναι ωστόσο το νόημα αυτού του ισχυρισμού; Επειδή, πώς είναι δυνατόν να ορίσουμε ένα σύστημα αναφοράς ως προς το οποίο θα ηρεμούσε το φωτόνιο; Και αν για το φωτόνιο $m = 0$, τότε γιατί η ταχύτητά του δεν θα μπορούσε να είναι μεγαλύτερη από c ; Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, η αδρανειακή του μάζα εμφανίζεται άπειρη. Από την άλλη πλευρά, αν θέλουμε να διασώσουμε την ισχύ της βασικής εξίσωσης της μηχανικής στην περίπτωση του φωτονίου, θα μπορούσαμε να δεχτούμε ότι η μάζα ηρεμίας του είναι μεγαλύτερη από μηδέν. Αλλά στην περίπτωση αυτή η ταχύτητά του θα έπρεπε να είναι μικρότερη από c . Αλλά μια τέτοια υπόθεση δημιουργεί νέα προβλήματα και ερωτήματα.

Κατά το μετασχηματισμό των φωτονίων και γενικότερα των μικροσωματιών, η μάζα, όπως και η ενέργεια, περνούν από τη δύναμη στην ενεργεία κατάσταση και αντίστροφα. Με ποιο τρόπο πραγματοποιούνται αυτές οι διαδικασίες;

Στο σύστημα του κέντρου μάζας, $p = 0$. Ο νόμος διατήρησης της ολικής μάζας συμπίπτει τότε με το νόμο της διατήρησης της ενέργειας. Αν $p \neq 0$, η κινητική ενέργεια συνεισφέρει στη μάζα του σωματίου. Αλλά, πώς μπορεί η ενέργεια, η οποία έχει μηδενική μάζα ηρεμίας, να συνεισφέρει στην αδρανειακή μάζα; Στην περίπτωση αυτή, ενεργεία ενέργεια μετατρέπεται σε ενεργεία μάζα, δηλαδή σε δυνά-

μει ενέργεια. Το ίδιο ερώτημα προκύπτει σε σχέση με την ενέργεια συνδέσεως των τροχιακών ηλεκτρονίων, η οποία μεταβάλλει τη μάζα του συστήματος, κ.ο.κ.

Τι είναι όμως η μάζα; Είναι μέγεθος «καθεαυτό», ή είναι, όπως βεβαιώνει η αρχή του Μαχ, η αδράνεια ενός σώματος η οποία καθορίζεται από την αμοιβαία δράση της ύλης, δηλαδή, από την κατανομή της ύλης στο χώρο;

Από την εποχή του Νεύτωνα είχε γίνει δεκτό ότι ο λόγος της αδρανειακής προς τη βαρυτική μάζα είναι ο ίδιος για όλα τα σώματα. Το πείραμα του Εοτβος (1890) και άλλα, περισσότερο πρόσφατα, επιβεβαίωσαν, με εξαιρετική προσέγγιση, το αξίωμα της ισότητας της αδρανειακής και της βαρείας μάζας. Η αρχή της ισοδυναμίας, η οποία χρησιμοποιήθηκε από τον Αϊνστάιν στη γενική θεωρία της σχετικότητας, είναι μια γενίκευση της παραδοχής ότι η βαρυτική μάζα είναι η ίδια με τη μάζα αδρανείας³⁷. Ποια είναι όμως η κρυμμένη αιτία αυτής της ισότητας; Το να λέμε ότι η ίδια ποσότητα ενός σώματος εκδηλώνεται, κατά την περίπτωση, ως αδράνεια ή ως βάρος³⁸, σημαίνει ότι *αναγνωρίζουμε*, όχι ότι ερμηνεύουμε το φαινόμενο. Όπως υποστηρίζουν ο Mercier *et al.*, η προηγούμενη αρχή είναι απλώς μια «απόφαση που χρησιμοποιείται ως ορισμός, είτε του νευτώνιου δυναμικού που υπεισέρχεται στην εξίσωση του Poisson, είτε της βαρυτικής δύναμης³⁹».

Με βάση τη σωματιδιακή θεωρία του για το φως, ο Νεύτων διατύπωσε την υπόθεση ότι οι ακτίνες του φωτός, διερχόμενες από τη γειτονία ενός μαζικού ουράνιου σώματος, θα υφίσταντο μια ορισμένη απόκλιση από το βαρυτικό πεδίο του. Ο Αϊνστάιν, στα πλαίσια ενός διαφορετικού «παραδείγματος», κατέληξε στο ίδιο συμπέρασμα: «φωτεινές ακτίνες οι οποίες διέρχονται κοντά από τον ήλιο, αποκλίνουν λόγω του βαρυτικού πεδίου του, έτσι ώστε η γωνιακή απόσταση ανάμεσα στον ήλιο και έναν απλανή ο οποίος εμφανίζεται κοντά του, να αυξάνει φαινομενικά κατά ένα δεύτερο λεπτό τόξου περίπου⁴⁰.

Η ποσοτική πρόβλεψη της θεωρίας επιβεβαιώθηκε από την παρατήρηση. Αν όμως τα φωτόνια έχουν μηδενική μάζα ηρεμίας, τότε πώς εξηγείται ότι η βαρυτική τους μάζα είναι θετική; Σ' αυτή την περίπτωση δεν παραβιάζεται η ισότητα της αδρανούς και της βαρείας μάζας; Ή, γιατί το φωτόνιο δρα ως εάν η ενεργεία ενέργειά του, είχε μετατραπεί σε ενεργεία μάζα; Αν $m_A = m_P$, τότε πώς είναι δυνατόν να έχουμε $m_0 = 0$ και $m_P \neq 0$;

Τα προηγούμενα είναι ορισμένα παράδοξα και ανοικτά ερωτήματα που αφορούν στις σχέσεις ανάμεσα στη μάζα και την ενέργεια. Συμπέρασμα: Γνωρίζουμε και χρησιμοποιούμε τις ποσοτικές σχέσεις ανάμεσα στην αδράνεια και την κίνηση, αλλά αδυνατούμε να ερμηνεύσουμε αυτές τις σχέσεις, την ισότητα αδρανειακής και βαρείας μάζας, και τις διαδικασίες μετατροπής μαζικών σωματίων σε σωματία με μηδενική μάζα ηρεμίας και αντίστροφα. «Φύσις κρύπτεσθαι φιλεί».

Παραπομπές και σημειώσεις

1. J. S. Bell, in *The Physicist's Conception of Nature*, J. Mehra, ed. (Reidel, Dordrecht, 1973).
2. J. S. Bell, "Beables for quantum field theory", Preprint, CERN-TH 4035, p. 84.
3. W. Heisenberg, *Physics and Philosophy* (George Allen & Unwin, London 1958), p. 160.
4. W. Heisenberg, in *Niels Bohr and the Development of Physics*, W. Pauli ed. (Pergamon Press, New York, 1953).
5. Βλ. H. Diels and W. Kranz, *Die Fragmente der Vorsokratiker* (Weidmannsche Verlag-Buchhandlung, 1965).
6. *Ibid.* Βλ. επίσης Y. Battistini, *Trois contemporains* (Gallimard, Paris, 1965), pp. 90-94. Επίσης Aristotle, *Metaphysics* I, 5, 986.
7. Για την οντολογία του Πλάτωνα, βλ. τους Διαλόγους: *Τίμαιος*, *Θεαίτητος*, *Παρμενίδης*.
8. Βλ. Aristotle, *Physics*, Id., *Metaphysics*.
9. Για την αρχαία Ελλ. φιλοσοφία, βλ. τα κλασικά βιβλία: (1) G. S. Kirk and J. E. Raven, *The Presocratic Philosophers* (Cambridge University Press, Cambridge, 1957) (2) J. Burnet, *Early Greek Philosophy* (A. and C. Black, London, 1975). Για μια κριτική επισκόπηση, βλ. E. Bitsakis, *Scientia* **109**, 664 (1974).
10. Βλ. R. Descartes, *Principes de la Philosophie* (Vrin, Paris, 1971), Part 2.
11. *Ibit.*
12. A. Mercier, H.-J. Treder, and W. Yourgrau, *On General Relativity* (Akademie-Verlag, Berlin, 1979).
13. I. Newton, *Opticks* (Dover, New York, 1952), p. 400.
14. I. Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy* (University of California Press, Berkeley, 1947), *Definitions and Scholium*.
15. *Ibid.*, Defs. I and II.
16. *Ibid.*, Def. III.
17. I. Newton, *Opticks*, *op. cit.* p. 401.
18. Βλ. S.Carnot, *Reflections of the Motive Power of Fire* (Dover, New York, 1960).
19. Βλ. Chr. Huygens, *Treatise on Light* (Dover, New York, 1962). Η πραγματεία αυτή γράφτηκε το 1670. Ο πρόλογος στην πρώτη έκδοση, το 1690.
20. A. Einstein, Préface, in I. Newton, *Opticks*, *op. cit.*
21. A. Einstein, *Ideas and Opinions* (Crown, New York, 1982), pp. 348, 351.
22. E. Mach, *The Science of Mechanics* (Open Court, Evanston, Illinois, 1960).
23. *Ibid.*, p. 237.
24. E. Mach, *The Analysis of Sensations* (Dover, New York, 1959), p. 331.
25. A. Einstein, in A. Einstein et al., *The Principle of Relativity* (Dover, New York, 1923), p. 7.
26. A. Einstein, *La théorie de la relativité restreinte et générale* (Gauthier-Villars, Paris, 1978), pp. 51-52.
27. A. Einstein, *Ideas and Opinions*, *op. cit.*, p. 337.
28. A. Einstein, in: A. Einstein et al., *The Principle of Relativity*, *op. cit.*, p. 148.
29. W. Heisenberg, *Physics and Philosophy*, *op. cit.*, p. 67.
30. W. Teilhard de Chardin, *Le Phénomène Humain* (Seuil, Paris, 1962), p. 268.
31. Για τις σχέσεις του δυναμεί και του ενεργεία στη μικροφυσική, βλ. E. Bitsakis, *Scientia* **117**, 539 (1982).
32. Για το status των φιλοσοφικών προτάσεων, βλ. E. Bitsakis in *Filosofia e Storia in*

Italia nel Novecento, F. Minazzi and L. Zauzi, eds. (Milano, 1987). Η αρχή της αφθαρσίας της ύλης διατυπώθηκε για πρώτη φορά από το Δημόκριτο.

33. Βλ. A. Einstein, "Autobiographical Notes", in *Albert Einstein, Philosopher-Scientist*, P. A. Schilpp, ed. (Open Court, Evanston, Illinois, 1951).

34. Βλ. P. Terletski, *Paradoxes in Relativity* (Plenum, New York, 1968), pp. 60-61.

35. A. Einstein, in A. Einstein et al., *The Principle of Relativity*, op. cit., pp. 143 and 149.

36. Για μία αναλυτική συζήτηση βλ. (1) E. Bitsakis, *Le Problème du Déterminisme en Physique*, Thèse d'État, Paris, 1976· (2) Y. P. Terletski, *Paradoxes in Relativity*, op. cit.

37. Βλ. A. Papapetrou, *Lectures on General Relativity* (Reidel, Dordrecht, 1974), p. 55.

38. A. Einstein, *La théorie de la relativité restreinte et générale*, op. cit., p. 72.

39. A. Mercier et al., *On General Relativity*, op. cit., pp. 84-85.

40. A. Einstein, in A. Einstein et al., *The Principle of Relativity*, op. cit., p. 99.

J. S. Bell, 1991 Μολύβι και ακουλιζό

