



F. Selleri

Καθηγητής Θεωρητικής Φυσικής Πανεπιστημίου Bari, Ιταλία*

Υλισμός και νεότερη Φυσική

Η *Διαλεκτική* δημοσιεύει σήμερα το άρθρο του γνωστού στο ελληνικό αναγνωστικό κοινό, διαπρεπούς Ιταλού Φυσικού Franco Selleri, για τις σχέσεις υλισμού και σύγχρονης φυσικής. Στο κείμενο αυτό ο καθηγητής Selleri επιχειρεί να θεμελιώσει το συμβατό των σύγχρονων φυσικών θεωριών με την υλιστική-διαλεκτική κοσμοαντίληψη. Η ιδιαίτερη αξία του άρθρου βρίσκεται και στο γεγονός ότι τα επιχειρήματά του δεν προέρχονται από το οπλοστάσιο της Φιλοσοφίας, αλλά από τη φιλοσοφική καταξίωση των σημερινών φυσικών θεωριών. Ορισμένοι αναγνώστες θα διαφωνήσουν ίσως με την ερμηνεία που δίδει ο συγγραφέας στις έννοιες ύλη, μάζα και ενέργεια. Αλλά το περιοδικό μας θα επανέλθει στο θέμα αυτό. Το άρθρο του F. Selleri πρωτοδημοσιεύεται στη *Διαλεκτική*.

1. Η Διπλή Όψη μιας Επιστήμης

Μια προκαταρκτική ερώτηση που πρέπει ν' απαντηθεί, αφορά το νόμιμο της κριτικής, δηλαδή της *εν μέρει* μόνον αποδοχής μιας καταξιωμένης επιστημονικής θεωρίας, όπως η κβαντική μηχανική, η σχετικότητα ή η στατιστική θερμοδυναμική. Πρέπει άραγε να πιστεύουμε, ότι η μεγάλη επιτυχία των θεωριών αυτών εγγυάται την επιστημονική τους ορθότητα κι ότι αντιπροσωπεύουν τα ύψιστα επιτεύγματα του ανθρώπινου νου; Μήπως, αν είμαστε κάπως καχύποπτοι απέναντί τους ασκώντας κριτική, λειτουργούμε αντιεπιστημονικά και κινούμεθα οπισθοδρομικά, αντιδραστικά και σε κλειστό κύκλο;

Όμως πραγματικά, το γεγονός πως μια τέτοια κριτική έχει νόημα αποδεικνύεται από το πόσο συχνά οι επιστήμονες υποβάλλουν σε κριτική, κάποτε βίαιη, τις θεωρίες των συναδέλφων τους. Για παράδειγμα, η κβαντική μηχανική της Κοπεγχάγης και του Γκέτινγκεν ήταν απαράδεκτη από τους Planck, Einstein, Schrodinger και de Broglie, κι ακόμη ο ίδιος ο Dirac μετά το 1970, θεωρούσε τη θεωρία αυτή ανεπαρκή και προέβλεπε ότι βαθμιαία θα τροποποιηθεί.¹

Αλλά επίσης και η μοντέρνα επιστημολογία αφήνει περιθώρια για ενδεχόμενες ατέλειες, ελαττώματα και σφάλματα των επιστημονικών θεωριών. Αρκεί να θυμηθούμε τον Popper, για τον οποίον κάθε θεωρεία είναι ελεύθερη δημιουργία του ανθρώπινου πνεύματος και σαν τέτοια είναι ανοικτή σε πειραματική διάψευση -

* Στη γλώσσα μας έχει μεταφραστεί το βιβλίο του F. Selleri, *Η διαμάχη στην Κβαντική Μηχανική* (εκδ. Gutenberg). Επίσης είναι υπό έκδοση το δεύτερο βιβλίο του, *Παράδοξα και Πραγματικότητα*, (εκδ. Τροχαλία).

1. - Βλ. π.χ.: P.A.M. Dirac, *Directions in Physics*, H. Hora and J.R. Shepanski, eds., Wiley, New York, 1975.

χωρίς ποτέ μια τελεσιδική απόδειξη της αλήθειας της. Η γενική τάση του Popper, απέναντι στις επιστημονικές θεωρίες είναι πως «... ακόμη κι οι καλύτερες θεωρίες δεν είναι παρά εφευρέσεις μας. Περιστοιχίζονται πάντα από λάθη»². Μ' αυτήν την προοπτική, ένας πρωταγωνιστής του επιστημονικού ορθολογισμού όπως ο Popper, επιτρέπει στον εαυτό του να θεωρεί τη μοντέρνα ψυχή σαν «μια έπαλξη υποκειμενιστικής φιλοσοφίας.»³

Είναι πολύ φυσικό, κάθε επιστημονική θεωρία να επηρεάζεται βαθιά -συνειδητά ή υποσυνείδητα- από τη φιλοσοφία του δημιουργού της. Επανειλημμένα ο Einstein είχε δηλώσει ότι *η φυσική είναι μια δημιουργία του ανθρώπου στην προσπάθειά του να κατανοήσει τον πραγματικό κόσμο*. Εδώ έχουμε ένα διαλεκτικό ορισμό της φυσικής: μια φυσική θεωρία, σαν ανθρώπινη *δημιουργία*, είναι σε κάποιο βαθμό *αυθαίρετη*, αφού η ίδια η έννοια της δημιουργίας συνεπάγεται κάποια ελευθερία στο δημιουργό της. Όμως συγχρόνως, αφού συνιστά μια *κατανόηση* του κόσμου -κι εφόσον πράγματι το πετυχαίνει- η φυσική θεωρία είναι *αντικειμενική*, δηλαδή περιέχει κατάρκτηση γνώσης, που ενδέχεται μιν να εμπλουτισθεί από νέες εξελίξεις, όχι μόνως και να ανατραπεί ή να απορριφθεί.

Νομίζω, ότι δεν είναι δυνατό να δοθεί μια σωστή περιγραφή της φυσικής, αν κανείς αγνοήσει τις παραπάνω απόψεις του Einstein. Μια πιθανή αντίρρηση είναι πως έτσι δημιουργείται μια αντιφατική εικόνα, όπου η επιστημονική θεωρία εμφανίζεται αυθαίρετη και συγχρόνως αντικειμενική. Όμως, μια τέτοια αντίρρηση είναι μόνον τυπική: στην πραγματικότητα μια θεωρία είναι μια εξαιρετικά πολύπλοκη κατασκευή που συνθέτει και οργανώνει εμπειρικά στοιχεία και δεδομένα *μαζί* με πολιτιστικές και φιλοσοφικές αντιλήψεις⁴. Το αποτέλεσμα δεν μπορεί παρά να είναι ένας πυκνός ιστός των φιλοσοφικών προκαταλήψεων των ερευνητών που πραγματοποιούν τη σύνθεση, μαζί με τις νεο-κατακτημένες γνώσεις για τον πραγματικό κόσμο.

Για παράδειγμα, στο Πτολεμαϊκό κοσμολογικό σύστημα η Γη εθεωρείτο ακίνητη στο κέντρο του σύμπαντος, γύρω της περιφέρονταν οι πλανήτες σ' επικύκλους ενώ το στερέωμα των απλανών αστέρων περιστρεφόταν με περίοδο 24 ωρών. Για 1.300 χρόνια αυτή ήταν η επικρατούσα θεωρία που πρόβλεπε σωστά τις θέσεις των πλανητών, τις εκλείψεις, κ.λπ. Σήμερα, βέβαια, με αναδρομική άνεση, εντοπίζουμε εύκολα τα λογικώς αυθαίρετα στοιχεία του Πτολεμαϊκού συστήματος και τ' απομονώνουμε από το αντικειμενικό του περιεχόμενο. Σαν αυθαίρετα στοιχεία κατατάσσουμε το γεωκεντρισμό, την ακινησία της γης (την απουσία, δηλαδή, ημερήσιας περιστροφής) και τη θεωρία των επικύκλων. Το αντικειμενικό περιεχόμενο του Πτολεμαϊκού συστήματος δηλαδή οι προτάσεις που δεν ήσαν σε αντίφαση με την Κοπερνίκεια επανάσταση αλλά μάλλον εμπλουτίστηκαν και αναπτύχθηκαν απ' αυτήν, είναι κυρίως: η σφαιρικότητα της Γης, η αντίληψη πως οι πλανήτες είναι υλικά σώματα κινούμενα στο διάστημα,

2. - K. Popper, *Evolutionary Epistemology*, in *Open Questions in Quantum Physics*, G. Tarozzi and A. van der Merwe, eds., Reidel, Dordrecht, 1984.

3. - K. Popper, *Unended Quest - An Intellectual Autobiography*, Fontana-Collins, Glasgow, 1974.

4. - E. Bitsakis, *Physique et materialism*, Editions Sociales, Paris (1983).

καθώς και η αντίληψη πως είναι εφικτό να προβλεφθούν οι θέσεις των πλανητών με τη βοήθεια μαθηματικών υπολογισμών.

Βλέπουμε λοιπόν, ότι σήμερα δεν είναι δύσκολο να ξεχωρίσουμε τα λογικώς αυθαίρετα στοιχεία του Πτολεμαϊκού συστήματος από τα αντικείμενα. Εντούτοις, η θεωρία αυτή ήταν μια πυκνή σύνθεση και με τα δύο είδη περιεχομένου, τα οποία είχε οργανώσει σ' ένα θεωρητικό σύνολο που καθόλου δεν ξεχώριζε το αυθαίρετο από το αντικειμενικό. Επιπλέον, η παρουσία αυθαιρέτων στοιχείων δεν εμπόδιζε το σύστημα να δίνει πολύ ακριβείς προβλέψεις.

Βρίσκουμε εδώ ένα παράδειγμα μιας γενικής κατάστασης που ισχύει σε κάθε επιστημονική θεωρία, ακόμα και τις πιο μοντέρνες. Ας σκεφτούμε τα ατομικά μοντέλα του 19ου αιώνα: σήμερα η ύπαρξη ατόμων έχει καθιερωθεί, όμως οι μορφές που τότε υπέθεταν (αιθερικοί δακτύλιοι, τετράεδρα, κ.λπ.) έχουν απορριφθεί σαν αυθαίρετες. Παρομοίως, η σωματιακή θεωρία του Newton για το φως, όπως κι η κυματική του Huyghens, θεωρούνται σήμερα αυθαίρετα μονόπλευρες, και έχουν αντικατασταθεί από μια νέα θεωρία βασισμένη στη δυαδικότητα «κύμα-σωμάτιο».

Είναι, λοιπόν, αρκετά λογικό να πιστεύει κανείς ότι ακόμη και οι θεμελιακές θεωρίες της μοντέρνας φυσικής σχηματίζονται, με τη σειρά τους, από τη συνύφανση αυθαιρέτων και αντικειμενικών στοιχείων παρόλο που συχνά είναι δύσκολο να ξεχωρίσουμε τα μεν από τα δε.

Υπάρχουν, πάντων, υποθέσεις ιδιαίτερα ευπρόσδεκτες μερικές φορές. Ιδού μερικά παραδείγματα που αφορούν το αντικειμενικό περιεχόμενό τους:

1. Ο Γαλαξίας μας είναι ένας κανονικός γαλαξίας, θεωρούμενος από το εσωτερικό του.
2. Η δομή της ύλης είναι μοριακή και ατομική.
3. Σε κάθε άτομο υπάρχει ένας θετικά φορτισμένος πυρήνας (μικρότερος 10^5 φορές από το άτομο).
4. Υπάρχουν υπο-ατομικά συστήματα (ηλεκτρόνια, ποζιτρόνια, μεσόνια, κ.λπ.).
5. Οι ήπειροι ήταν ενωμένες, μερικές εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια πριν.
6. Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί στη Γη προέρχονται από μια κοινή εξελικτική διαδικασία.
7. Η μάζα και η ενέργεια είναι αμοιβαία μετατρέψιμες μεταξύ τους.

Σίγουρα, δεν μπορούμε να φανταστούμε μια μελλοντική επιστήμη αρνούμενη τις παραπάνω προτάσεις, παρόλον που είναι απόλυτα δυνατό ν' αγνοούμε πολλές λεπτομέρειες στην καθεμιά τους. Μ' άλλα λόγια, έχουν πολλά ακόμη να γίνουν για την εμβάθυνσή τους, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι η επιστήμη θα υποχρεωθεί να τις εγκαταλείψει.

Από την άλλη πλευρά, είναι πιο δύσκολο να εντοπίσουμε τα στοιχεία της σύγχρονης επιστήμης που έχουν ιστορική προέλευση: αν αναγνωρίζονταν αναντίρρητα σαν τέτοια, θα ήταν σημαντικό επίτευγμα η απόρριψη και η αντικατάστασή τους με άλλες προτάσεις, πλησιέστερες στην αντικειμενική πραγματικότητα. Θα μπορούσε κανείς, ίσως, να μαντεύσει ότι, π.χ., η αρχή της σχετικότητας, το μη-αιτιατό της κβαντικής περιγραφής της πραγματικότητας και το μη-δι-

αχωρίσιμο των κβαντικών συστημάτων θα τροποποιηθούν μερικά ή ολικά. Προς το παρόν δεν είναι παρά υποθέσεις! Αλλά θα επανέλθουμε στο πρόβλημα αυτό.

Συνοψίζοντας, κάθε επιστημονική θεωρία περιλαμβάνει δύο αλληλοσυνδεόμενα είδη περιεχομένων. Πρώτον, τα μη αμφισβητήσιμα συστατικά, που είναι ουσιαστικά αληθείς εν μέρει αναπαραγωγές ιδιοτήτων του υλικού κόσμου -αν και αναπόφευκτα ανακριβείς, στο ποσοστό που είναι σχηματικές και προσεγγιστικές. Δεύτερον, τ' αυθαίρετα στοιχεία που εισάγονται στη θεωρία, χάρη στο δημιουργό της, ή προέρχονται από έντονη πολιτιστική και κοινωνική πίεση η οποία σ' ορισμένες περιόδους -όπως, π.χ., στη διάρκεια της Δημοκρατίας της Βαϊμάρης- επηρεάζει και παραμορφώνει την επιστημονική δραστηριότητα.

Η παραπάνω περιγραφή παραβιάζεται τόσο από τον επιστημονισμό όσο κι από τον ιστορικισμό.

Ο *επιστημονισμός*, τυπική εκδήλωση «ουδέτερης» θέασης της επιστήμης που απαντάται σ' επιστήμονες κι επιστημολόγους θετικιστικής προέλευσης, υποστηρίζει ότι η κριτική της επιστήμης περιορίζεται στο έγκυρο ή μη της εφαρμογής μαθηματικών ή εμπειρικών μεθόδων, οι οποίες από μόνες τους εγγώνται τη μοναδικότητα και την αλήθεια της υπαρκτής επιστήμης. Παρατηρούμε πάντως, ότι στο πλαίσιο αυτό είναι δύσκολο να εξηγήσουμε τις έντονες και ακατάληκτες συγκρούσεις ανάμεσα σε διάσημους επιστήμονες (όπως μεταξύ Einstein και Bohr), τις οποίες ο επιστημονισμός είτε απλώς αγνοεί, είτε τις αποδίδει στην αμβλίνια του ενός αντιπάλου.

Ο *ιστορικισμός* -τυπικός δεξιών (όπως του Spengler ή του Croce) ή αριστερών αποκλίσεων (όπως η μαρξιστική Σχολή της Φρανκφούρτης)- διακηρύσσει αντίθετα ότι το περιεχόμενο της επιστήμης είναι στο βάθος του εξ ολοκλήρου ιστορικά καθορισμένο, και ότι οι πολιτιστικές τάσεις και οι ρυθμοί παραγωγής στα εργοστάσια είναι οι διαδικασίες που τελικά καθορίζουν τη φύση της επιστήμης μιας εποχής. Εδώ πάλι δεν εξηγείται γιατί διάφορες επιστημονικές έννοιες, όπως του ατόμου, επιβιώνουν με διαφορετικά πρότυπα, σε διαφορετικές εποχές και διαφορετικές κοινωνίες.

Θα ήταν φρόνιμο, λοιπόν, ν' αποφύγει κανείς το δίλλημα επιστημονισμός ιστορικισμός, και ν' αποδεχθεί σα γεγονός ότι μια επιστημονική θεωρία μπορεί να λειτουργεί πολύ καλά, έστω κι αν είναι βαριά φορτωμένη από ποικίλες φιλοσοφικές επιλογές. Θα πρέπει να δούμε τις θεωρίες όπως πραγματικά είναι και πιστεύουμε ότι η διαλεκτική περιγραφή που αναπτύξαμε μπορεί να είναι ένα βήμα προς τη σωστή κατεύθυνση.

2. Ο Λαβύρινθος της Φυσικής

Ο αιώνας μας έχει σημαδευτεί γενικά από μια πραγματικά εκρηκτική ανάπτυξη της επιστήμης. Και μάλιστα όχι μόνον από την ταχύτατη εξέλιξη προς όλες τις κατευθύνσεις, αλλ' επίσης κι από τα ολοένα ευρυνόμενα χάσματα μεταξύ των διάφορων επιστημών, κι ακόμη μεταξύ των διάφορων κλάδων μιας συγκεκριμένης επιστήμης.

Το 1902 οριοθετεί την «επίσημη» έναρξη της κρίσης στα θεμέλια των Μαθηματικών με την ανακάλυψη από τον Russel της ομώνυμης αντινομίας. Το συνέδριο του Königsberg (1930) θα κάνει ανάγλυφη τη διάσταση μεταξύ λογιστικής

φορμαλιστικής κι ενορατικής σχολής, μια διάσταση αγεφύρωτη μέχρι σήμερα.⁵

Το 1905 ο Einstein διατύπωσε τη θεωρία της ειδικής σχετικότητας και ανακάλυψε θεωρητικά την ισοδυναμία μάζας- ενέργειας, που επιβεβαιώθηκε αργότερα (1919) από τις παρατηρήσεις του Rutherford στην πρώτη τεχνητή πυρηνική διάσπαση.

Η επικράτηση της σχετικότητας συνοδεύτηκε από διχογνωμία μέσα κι έξω από τη Φυσική. Η οξύτητα της διαμάχης ήταν αντιστρόφως ανάλογη της επιστημονικής της αξίας (μέχρι που κάποιος έφθασε να γράψει ότι μόνον ένας Εβραίος φυσικός θα μπορούσε να είχε προτείνει μια θεωρία η οποία απέκλειε την έννοια της δύναμης!).

Πιο κομψή και πολιτισμένη, αλλ' όμως φορτωμένη με πολύ πιο σοβαρές συνέπειες, ήταν η απόρριψη της δυαδικότητας σωματίο- κύμα, την οποία διατύπωσε ο Einstein το 1905. Η απόρριψη ήταν καθολική: με εξαίρεση τον de Broglie, σχεδόν κανείς γνωστός φυσικός δεν δέχτηκε τη διατύπωση του Einstein. Όμως βαθμιαία οι αντίπαλοι του Einstein χωρίστηκαν σε μια σειρά από μικρότερες ομάδες, ακριβώς επάνω στο θεμελιακό κρίσιμο θέμα των κβάντων, δηλαδή τη δυαδική φύση των ατομικών συστημάτων⁶. Όμως η κρίση αυτή που σφραγίστηκε από 40 περίπου χρόνια κυριαρχίας ενός θετικιστικού επιστημονισμού αναβιώνει και πάλι σήμερα.

Αλλ' οι δραματικές αντιφάσεις στην εξέλιξη της νεότερης φυσικής αναδύονται και με πολλούς άλλους τρόπους:

1. Με την απόρριψη του αιθέρα -της σταθερής «συγκεκριμένης» βάσης που πάνω της η Φυσική του περασμένου αιώνα είχε στηρίξει τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα- φάνηκε να αναδύεται ένας κόσμος από φαινομενικότητες και σχετικές αλήθειες. Συγχρόνως, η ενέργεια αποκτά ένα χαρακτήρα άφθαρτης πραγματικότητας και γίνεται η βάση κάθε πράγματος (ύλης, κίνησης, θερμότητας, φωτός, πεδίων).

2. Η υλικότητα του φωτός βασιζόταν επίσης στην έννοια της ενέργειας. Η τελευταία έπρεπε να συμπυκνώνεται σε χωροχρονικά σημεία (φωτόνια ή κβάντα φωτός), όπως απαιτούσε το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο καθώς και το φαινόμενο Compton ή το πείραμα Compton-Simon. Από την άλλη πλευρά ήταν αδύνατο να εγκαταλειφθεί ο κυματικός χαρακτήρας του φωτός κι αυτό υποχρέωσε τον Einstein να εισάγει τα «άδεια κύματα» (που ο ίδιος⁷ χιουμοριστικά αποκαλούσε «πεδία φαντασμάτων»), τα οποία διαδίδονται στον τρισδιάστατο χώρο χωρίς όμως να μεταφέρουν ενέργεια.

3. Ο σκεπτικιστικός εμπειρισμός -που σε κάποια έκταση συνέδεε τον Einstein με τον Mach και που τελικά τον ώθησε στην ειδική σχετικότητα- φαινόταν να επιλύει το πρόβλημα της πραγματικότητας, κομματιάζοντάς την σε μια σειρά απόψεων των διαφόρων παρατηρητών, που ήσαν ισοδύναμες μεταξύ τους, αν και αντικρουόμενες. Συγχρόνως, η φυσική διάθεση να δεχτούμε ως πραγματικά όλα τα γεγονότα που είναι σύγχρονα με την παρούσα στιγμή ενός δεδομένου παρατηρη-

6. F. Selleri, *Le Grand Debat de la Theorie Quantique*, Flammarion, Paris, 1986. (Ελληνική έκδοση: Η διαμάχη στην Κβαντική μηχανική, Εκδ. Gutenberg).

7. Βλ. το κείμενο του Niels Bohr στο *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, P.A. Schilpp, ed., Library of Living Philosophers, New York, 1949.

τή και να επεκτείνουμε την έννοια της πραγματικότητας στο «πραγματικό» όλων των δυνατών παρατηρητών, οδήγησαν στη θεώρηση ενός *τετρα-διάστατου* σύμπαντος κατεστημένου *άπαξ* για όλους. Μ' αυτόν τον τρόπο η χρονική εξέλιξη καθοριζόταν στην παραμικρή λεπτομέρεια από μια αδήριτη αναγκαιότητα, αφού το μέλλον ενός παρατηρητή καθοριζόταν αυστηρά από κάθε άλλον ισοδύναμο παρατηρητή κι επομένως ήταν *ήδη* πραγματικό⁸. Πρόκειται για ένα Παρμενίδειο όραμα που ο Popper (1950) αποδίδει⁹ στον Einstein.

4. Το θρίαμβο της ατομικής θεωρίας, αποτέλεσμα των θεωρητικών ερευνών του Boltzmann και του Einstein και των πειραμάτων του Perrin και του Rutherford, ακολούθησε σύντομα η υποκειμενιστική διατύπωση της κβαντικής μηχανικής από τη σχολή της Κοπεγχάγης και του Γκέτινγκεν: Η αρχή της συμπληρωματικότητας μαζί με μια ορισμένη ερμηνεία των σχέσεων απροσδιοριστίας αξιώσαν την αδυνατότητα μιας αιτιακής και χωροχρονικής περιγραφής των φαινομένων του μικρόκοσμου. Για πολλούς, τα άτομα κατάντησαν απλώς μια χρήσιμη παραδοχή, κάτι σαν τους παράλληλους και μεσημβρινούς στην επιφάνεια της Γης.¹⁰

5. Ο *τοπικός* χαρακτήρας των αλληλεπιδράσεων -που ο Einstein καθιέρωσε με τις θεωρίες ειδικής και γενικής σχετικότητας- συνεπάγεται, μεταξύ των άλλων, ότι η Γη αλληλεπιδρά με το βαρυτικό πεδίο του Ηλίου στην *περιοχή* του δικού της πεδίου, και όχι στιγμιαία «εξ αποστάσεως», με τον ίδιο τον Ήλιο. Έτσι *εξαφανίζεται* μια μυστηριώδης απαίτηση της κλασικής Φυσικής και, συγχρόνως, ο χωρο-χρόνος δεν είναι πια ο κομπάρσος των φυσικών φαινομένων.

Εντούτοις, η κβαντική μηχανική απαιτεί, σε μερικές περιπτώσεις, την κατάργηση του τοπικού αυτού χαρακτήρα. Το μη-διαχωρίσιμο κβαντικών συστημάτων (παράδοξο Einstein-Podolsky-Rosen¹¹), μοιάζει να αποδεικνύει ότι η έννοια του χώρου είναι άχρηστη κι ότι μπορεί ν' απαλειφθεί στο μικρόκοσμο.

Οι παραπάνω αντιφατικές εξελίξεις της μοντέρνας φυσικής υπογραμμίζουν τη σπουδαιότητα της σχέσης μεταξύ Φυσικής και Φιλοσοφίας. Πλατωνισμός, υπαρξισμός, εμπειρισμός, ιδεαλισμός, πραγματισμός και υλισμός έχουν ο καθένας τους μια πολύπλοκη σχέση με τη νεότερη φυσική. Μια δεδομένη φιλοσοφία είναι δυνατό ν' αποκλείσει μια ορισμένη «ερμηνεία» μιας φυσικής θεωρίας. Άλλες φορές πάλι μια φιλοσοφική προκατάληψη του θεωρητικού φυσικού τον οδηγεί σ' ένα νέο φυσικό πρότυπο. Τέλος, απ' αυτήν την ίδια τη θεωρητική κατασκευή είναι δυνατό ν' αναδυθεί μια ορισμένη φιλοσοφία (ένα εντυπωσιακό παράδειγμα θα συζητηθεί στην τέταρτη ενότητα του παρόντος άρθρου).

Ας σημειωθεί ακόμη ότι ο θρυμματισμός αυτός της Φυσικής συνέβαινε σε μια περίοδο όπου άλλες επιστήμες σημείωναν σπουδαία επιτεύγματα, χωρίς μάλιστα αυτόν τον τραυματικό τρόπο. Για παράδειγμα, στην Αστροφυσική η ανακάλυψη της μεθόδου των Κηφιδών (1920) κατέστησε εφικτό τον προσδιορισμό της δια-

8. Μια ιδιαίτερα λαμπρή υπεράσπιση αυτής της θέσης διατύπωσε ο C.W. Rietdijk, στο *On Waves, Particles and Hidden Variables*, Van Gorcum, Assen, 1971.

9. Αναφ. 3, σελ. 129.

10. W. Heisenberg, *Philosophic Problems of Nuclear Science*, Fawcett, New York, 1952, σελ. 62.

11. A. Einstein, B. Podolsky, and N. Rosen, *Phys. Rev.* 47, 777 (1935).

μέτρου του Γαλαξία μας, στη συνέχεια πέτυχε τον εντοπισμό μέσα σ' αυτόν του ηλιακού μας συστήματος και τέλος επισήμανε ένα πλήθος άλλων γαλαξιών και προώθησε την υπόθεση της «μεγάλης έκρηξης» (big bang).

Στις επιστήμες της Γης, ο Wegener διατύπωσε στα 1912 τη θεωρία της μετατόπισης των ηπείρων, που κέρδισε την υποστήριξη γεωλόγων και παλαιοντολόγων, αλλά και την αντίδραση πολλών γεωφυσικών.

Στη Φυσιολογία, πειραματικές έρευνες (1908) επέτρεψαν στον Golgi ν' αναπτύξει τη θεωρία των νευρώνων, διατυπώνοντας έτσι μια νέα υπόθεση για τη δομή και λειτουργία του νευρικού μας συστήματος.

Πάντως, παρά τις προόδους των άλλων επιστημών, ο κεντρικός ρόλος της Φυσικής κι η μεγαλύτερη εξέλιξή της εσφράγισαν την εποχή μας. Οι δυσκολίες της συντέλεσαν στην εμφάνιση μιας ορισμένης επιστημολογίας-παραίτησης μπρος στο λαβύρινθο, της απόδρασης στον αρχαίο κόσμο της μαγείας και του μυστικισμού (και μιας λαϊκής φιλοσοφίας απέλπιδης εγκατάληψης). Ο Feyerabend μπορεί να θεωρηθεί πρωτοπόρος σ' αυτήν τη στάση παραίτησης μπρος στο λαβύρινθο. Στο έργο του *Ενάντια στη Μέθοδο*¹² βλέπει κανείς την απέλπιδα παραδοχή μιας αναρχικής θεώρησης της επιστήμης και τον εναγκαλισμό ακόμη και των πιο αρνητικών στοιχείων της:

«Η γνώση... δεν είναι μια σειρά από συνεπείς θεωρίες που συγκλίνουν σε κάποιο ιδεώδες,..., δεν είναι μια βήμα προς βήμα προσέγγιση της αλήθειας. Είναι μάλλον ένας ωκεανός, που διαρκώς φουσκώνει, με αμοιβαία μη-συμβατές εναλλακτικές λύσεις (ίσως, χωρίς καν κοινό παρανομαστή): κάθε μεμονωμένη θεωρία, κάθε ιστορία, κάθε μύθος της συλλογής αυτής υποχρεώνει την ένταξη των υπολοίπων, που όλοι μαζί συμβάλλουν έτσι -μέσ' από τον ανταγωνισμό τους- στην ανάπτυξη της συνειδητότητάς μας. Τίποτα δεν είναι τελεσιδίκιο, καμιά έννοια δεν μπορεί να μείνει έξω από μια γενική έκθεση.»¹³

Ο Feyerabend δεν αναγνωρίζει έναν προνομιακό ρόλο της επιστήμης και προτείνει ένα εκπαιδευτικό σύστημα όπου θα διδάσκεται όχι μόνο η επιστήμη αλλά και διάφορα είδη θρησκειών, μυστικισμού ή μαγείας, έτσι ώστε το κάθε άτομο να είναι ελεύθερο να διαλέξει όποια ιδεολογία του αρέσει.¹⁴

Απόπειρες για μια σύνθεση Φυσικής και μυστικισμού, μέσ' από την ίδια τη Φυσική, εμφανίζονται όλο και πιο συχνά. Έτσι ο νομπελίστας B. Josephson ανατρέπει στην ινδική Βεδική παράδοση και δέχεται ότι το πνεύμα προϋπάρχει της ύλης και είναι μάλιστα ικανό να τη δημιουργήσει¹⁵. Νομίζει έτσι, ότι μπορεί να συμφιλιώσει την υποκειμενικότητα της ατομικής μας ζωής με την αντικειμενικότητα της φύσης.

Ο F. Capra είναι ένας άλλος φυσικός που δανείζεται ιδέες από τα θρησκευτικο-φιλοσοφικά ρεύματα της Ανατολής. Στο βιβλίο του *Ταό της Φυσικής*,¹⁶ εξαι-

12. P.K. Feyerabend, *Against method. Outline of an anarchist theory of knowledge*, NLB, London, 1975.

13. Αναφ. 12, σελ. 27.

14. A.F. Chalmers, *What is this thing called science?* University of Queensland Press, 1976.

15. B. Josephson, *L' experience de la conscience et sa place en physique*, στο "Science et Conscience", Stock et France Culture, 1980.

16. F. Capra, *The Tao of Physics*, Shambala, Berkeley, 1975.

ρετικά δημοφιλές σε πολλά πανεπιστήμια της Αμερικής,¹⁷ διατυπώνει το πιστεύω του, ότι η αρχή της αυτο-συμβατότητας -που αποτελεί τη βάση της θεωρίας *bootstrap* των στοιχειωδών σωματιών- καθώς και η αλληλεξάρτηση όλων των φαινομένων -που έχει τόσο τονιστεί από τους μυστικιστές της Ανατολής- δεν είναι παρά η ίδια ιδέα με δύο διαφορετικές μορφές.

Ο Γάλλος φυσικός O. Costa de Beauregard έχει προτείνει μια θεωρία των κβαντικών φαινομένων με απόλυτη συμμετρία μεταξύ παρελθόντος και μέλλοντος.¹⁸ Οι κυματοσυναρτήσεις που χρησιμοποιεί αποδίδουν όχι μόνο στατιστικές προβλέψεις αλλά και στατιστικώς εκ των υστέρων προβλέψεις (*postdictions*). Στο πλαίσιο αυτό εξηγούνται και τα παραψυχολογικά φαινόμενα της πρόγνωσης και της ψυχοκίνησης. Κατά τον Beauregard, στη διαδικασία μιας κβαντικής μέτρησης θα έπρεπε να λαμβάνονται υπόψη τελειώς συμμετρικά και οι δύο συνιστώσες της συνειδητότητας, η αντίληψη και η θέληση.

Ο γνωστός Ινδός φυσικός E.C.G. Sudarshan¹⁹ βλέπει πάλι μια σύνδεση μεταξύ της μεταφυσικής των Βέδα και της πλατωνικής άποψης πολλών θεωρητικών φυσικών, σύμφωνα με την οποία ο κόσμος δεν είναι παρά μια πραγμάτωση ενός απόλυτου νοητικού συστήματος.

Ο νομπελίστας φυσικός Eugene Wigner πιστεύει ότι η μελέτη των κβαντικών φαινομένων απέδειξε οριστικά ότι το περιεχόμενο της συνειδήσής μας ξεπερνά τα υλικά φαινόμενα. Σ' αυτή τη γραμμή σκέψης, ένα γνωστό άρθρο του²⁰ καταλήγει με την πρόταση κατασκευής ενός «ψυχο-ηλεκτρικού κυττάρου». Η αναγέννηση του μυστικισμού στη σύγχρονη επιστήμη έχει σχολιαστεί με δεξιότητες από τον E. Bitsakis²¹. Στην πραγματικότητα ο κατάλογος των αντιλήψεων αυτού του είδους θα μπορούσε να συνεχισθεί, με την αναφορά του Δανού R.D. Mattuck²², του Γάλλου G. Klein²³, του Άγγλου P. Davies²⁴, του Αμερικανού A.A. Cochran²⁵, του Αυστριακού H. Pietschmann²⁶, κ.ο.κ.

Πρέπει επίσης να ομολογηθεί ότι αυτό το ιδεαλιστικό ρεύμα -που πρόσφατα έχει γίνει ισχυρότατο- υπάρχει πράγματι από καιρό στην μοντέρνα Φυσική. Ο William Crookes πίστευε στα φαντάσματα και χρησιμοποίησε διάφορες πολύπλοκες κατασκευές για ν' αποδείξει την ύπαρξή τους. Ο Arthur Eddington κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η θρησκευτική πίστη είναι πια δυνατή για έναν σκεπτόμενο επιστήμονα²⁷. Ο James Jeans το 1927 (η χρονιά που ήλθε στο φως το μοντέλο της Κοπεγχάγης), αναπτύσσοντας τα επιτεύγματα της νεότερης φυσι-

17. D. Harrison, *Am. J. Phys.* 47, 779, 1979.

18. O. Costa de Beauregard, *Phys. Lett.* 67A, 171, 1978.

19. E.C.G. Sudarshan, *Evolution of Mind: Projection to the Future*, Indian Institute of Science, Bangalore, preprint, 1978.

20. E.P. Wigner, *Remarks on the Mind-Body Question*, in "The Scientist Speculates", I.J. Good, ed., Heinemann, London, 1961.

21. E. Bitsakis, *Microfisica: Determinismo o Neo-misticismo?* Paradigmi, 4, 37 (1986).

22. R.D. Mattuck, *Psychoenergetic Systems*, vol. 2, 1977.

23. G. Klein, *La mesure en mecanique quantique*, Centre de Recherches Nucleaires de Strasbourg, 1980.

24. P. Davies, *God and the new Physics*, Penguin Books, Harmondsworth (1984).

25. A.A. Cochran, *Found. Phys.* 1, 235 (1971).

26. H. Pietschmann, *Das Ende des naturwissenschaftlichen Zeitalters*, Zsolnay, Wien, 1980.

27. A. Eddington, *The Nature of Physical World*, MacMillan, New York, 1982, σ. 350.

κής, κατέληγε ότι το Σύμπαν μοιάζει συνεχώς περισσότερο μ' ένα μεγάλο συλλογισμό και ότι η διάνοια πρέπει ν' αναγνωρισθεί ως ο δημιουργός και αφέντης του κόσμου της ύλης.²⁸

Ακόμη πιο γνωστό είναι το άνοιγμα προς το μυστικισμό πολλών από τους πρωτεργάτες της σχολής της Κοπεγχάγης. Οι Bohr, Pauli, Heisenberg και Jordan διατύπωσαν καθαρά τάσεις προς αυτήν την κατεύθυνση, βασιζόμενοι στο ίδιο το έργο τους στη Φυσική. Οι απαρχές λοιπόν, του ανορθολογιστικού ρεύματος στη σύγχρονη Φυσική είναι εξαιρετικά ολοφάνερες.

3. Χώρος, Χρόνος και Αιτιότητα

Ο κόσμος της επιστήμης φαίνεται σήμερα να μιμείται το θρυμματισμό που παρατηρούμε στη μοντέρνα τέχνη, τη φιλολογία και την κοινωνία: ένας τεμαχισμένος μακρόκοσμος για τον οποίο κάθε ενοποιητική πρόταση δείχνει τελειώς ακατάλληλη.

Αν και η γενική κλίση είναι προς το διαμελισμό, διαπιστώνει πάντως κανείς και την αντίθετη τάση, όπου η πιεστική ανάγκη ενός ενιαίου οράματος της επιστήμης και του υλικού κόσμου διαρκώς ανακαλύπτεται κι εκτιμάται εκ νέου. Συγκεκριμένα, η προσπάθεια μιας κριτικής επαναθεώρησης των θεμελίων της μοντέρνας Φυσικής (σχετικότητας, κβαντικής μηχανικής) διαφαίνεται από το 1952 και φαίνεται τώρα να αναπτύσσεται γρήγορα.

Η προσπάθεια αυτή ξεκινά από μια αντι-τραγική θεώρηση του κόσμου, απαλλαγμένη τόσο από θρησκευτικές συνεισφορές όσο και από ανθρωπομορφικές ή ανθρωποκεντρικές πλάνες. Δέχεται απλώς την ύπαρξη ενός τετραδιάστατου λαβύρινθου από διαδικασίες, όπου ανάμεσά τους εντάσσεται και ο χρονικός λι βύρινθος της ανθρώπινης ιστορίας -και πιο ειδικά, και της ιστορίας της Φυσικής. Απ' αυτήν την αφετηρία και μετά, η προσπάθεια συνεχίζεται, για να φανεί ο «λαβύρινθος» σαν πλέγμα όπου κυριαρχεί η λογική κι η αρμονία.

Το κίνημα αυτό πέτυχε τουλάχιστον δύο θετικά αποτελέσματα. Η πρώτη επιτυχία της προσπάθειας αυτής -η απόρριψη του θεωρήματος του von Neumann- άνοιξε πάλι το δρόμο για μια αιτιοκρατική περιγραφή των ατομικών φαινομένων. Η δεύτερη, αποδεικνύει τη δυνατότητα για χωρο-χρονική περιγραφή των φαινομένων αυτών.

Αν λοιπόν σκεφτούμε ότι ο αμοιβαίος αποκλεισμός της χωρο-χρονικής και αιτιακής περιγραφής αποτελεί την ουσία της αρχής της συμπληρωματικότητας που ο Bohr έβαλε σαν επιστέγασμα και σύνοψη του μοντέλου της Κοπεγχάγης,²⁹ αντιλαμβανόμαστε τη σημασία των παραπάνω πρόσφατων αποτελεσμάτων, αφού αποδεικνύουν ότι είναι εφικτή μια χωρο-χρονική και μαζί αιτιοκρατική περιγραφή. Έτσι, μπορεί κανείς να εκτιμήσει και το πόσο είχε υποχωρήσει η παραδοσιακή υλιστική άποψη, στην υπεράσπιση της παραδοσιακής ορθολογικής θέσης στη Φυσική.

28. J. Jeans, *The Mysterious Universe*, MacMillan, New York, 1984, σ. 186.

29. N. Bohr, *Atomic Theory and the Description of Nature*, Cambridge at the University Press, 1961.

Ας αρχίσουμε με το πρόβλημα της αιτιότητας.

Το 1932 ο von Neumann διατύπωσε το περίφημο θεώρημά του που αποδείκνυε το μη συμβατό του φορμαλισμού της κβαντικής μηχανικής και οποιασδήποτε αιτιοκρατικής συμπλήρωσής της. Έχουμε εδώ κάτι σαν «Πρώτη Εντολή» της φιλοσοφίας Κοπεγχάγης-Γκέτινγκεν («Δεν θα έχετε καμιά άλλη φιλοσοφία εκτός από μένα!»), που προσπάθησε ν' απαλλάξει από την αιτιότητα μια για πάντα. Οι μεγάλοι φυσικοί της Κοπεγχάγης και του Γκέτινγκεν υποστήριξαν ενεργά το θεώρημα του von Neumann.

Αλλά ο Bitsakis³⁰ τόνισε με έμφαση ότι το θεώρημα του von Neumann ισχύει μόνο σε ειδικούς τύπους αιτιοκρατικών θεωριών και ότι ο *κβαντικός στατιστικός καθορισμός* παραμένει εντελώς έξω από την οπτική του θεωρήματος.

Η αυθεντία των φυσικών αυτών, μαζί με τη μαθηματική πολυπλοκότητα του θεωρήματος, οδήγησαν σ' έναν πλήρη αποκλεισμό της ιδέας για αιτιότητα. Κα-νεείς δεν ήταν πρόθυμος να δεχτεί ότι η κβαντική μηχανική μπορούσε να *τροποποιηθεί* έτσι ώστε να μην απορρίπτει την αιτιότητα, όταν ακριβώς η θεωρία αυτή παρουσίαζε εκπληκτικές επιτυχίες κι ενώ ακόμη δεν είχαν ανακαλυφθεί αποτυχί-ες ή αμφιβολίες. Εντούτοις, η αποδοχή του θεωρήματος του von Neumann είχε σαν αποτέλεσμα την κάλυψη μιας υγιούς επιστημονικής διαμάχης· οι σχολές της Κοπεγχάγης και του Γκέτινγκεν σάρωσαν σχεδόν κάθε αντίρρηση, ενώ οι αντι-παλοί τους βρέθηκαν απομονωμένοι και ανίκανοι να επιδράσουν στη διαμορφω-μένη κατάσταση. Έτσι, ο Einstein, αδαμάντινος στην άρνησή του να δεχτεί την κυρίαρχη ερμηνεία της κβαντικής φυσικής, βρέθηκε τόσο απομονωμένος στο Princeton ώστε κάποτε έγραψε: «Εδώ στο Princeton με θεωρούν ένα γέρο-τρε-λό».³¹

Εντούτοις, ο Einstein ήταν αυτός που προκάλεσε το 1935 τη Φυσική να κάνει το πιο σπουδαίο βήμα προς την κατεύθυνση της αιτιότητας, μ' ένα διάσημο άρθρο που έγραψε σε συνεργασία με τους Podolsky και Rosen, με τον τίτλο: «*Είναι δυνατό να θεωρηθεί πλήρης ή κβαντομηχανική περιγραφή της φυσικής πραγμα-τικότητας*».³² Το άρθρο αυτό δεν έθιγε απευθείας τον προβληματισμό σχετικά με το θεώρημα von Neumann, έδινε πάντως μια αντίθετη λύση, που ευνοούσε την αιτιακή συμπλήρωση της κβαντικής μηχανικής -όμως μια λύση που ξεκινούσε από διαφορετικές υποθέσεις.

Η υπόθεση του Einstein, όπως θα επιχειρήσουμε να εξηγήσουμε στην τέταρτη ενότητα, ήταν η υπόθεση του ρεαλισμού που -με ιστορικούς μάλλον παρά λογι-κούς όρους- εκτοπίστηκε από τον Bohr,³³ ο οποίος αγωνίστηκε και κατόρθωσε να πείσει τη σύγχρονή του επιστημονική κοινότητα ν' απορρίψει την πρόταση του Einstein χάρη στην αρχή της συμπληρωματικότητας. Έτσι κυριάρχησε ό,τι έμελλε ν' αποδειχθεί μάλλον ως η εσφαλμένη λύση του προβλήματος! Η ανα-γνώριση ότι επρόκειτο για λάθος άρχισε να προβάλλει στα μάτια λίγων ειδικών

30. E. Bitsakis, *On the Validity of von Neumann's Theorem* στο DETERMINISM IN PHYSICS, Guttenberg, Athens (1985).

31. M. Bohr, *Physics in My Generation*, Springer, New York, 1969, σ. 161.

32. Βλ. Αναφ. 11.

33. N. Bohr, *Phys. Rev.* 48, 696, 1935.

στις αρχές του '50, όταν ο Bohr³⁴ και ο Vigier³⁵ κατασκεύασαν πραγματικά μια αιτιακή συμπλήρωση της κβαντικής μηχανικής (κάνοντας δηλαδή αυτό που κατά το θεώρημα του von Neumann ήταν αδύνατο!), και όταν ο de Broglie ξαναγύρισε στην παλιά κριτική του στάση ως προς τις απόψεις της Κοπεγχάγης³⁶. Η ρίγα του λάθους - η γενικότητα των υποθέσεων του θεωρήματος του von Neumann - αποκαλύφθηκε το 1966 από τον Bell³⁷.

Έτσι τελικά χρειάστηκαν σχεδόν 40 περίπου χρόνια για να παραμερισθεί το θεώρημα von Neumann! Οι βαθιές παραμορφώσεις που εντωμεταξύ αναπτύχθηκαν στη θεωρητική Φυσική θα πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά με μια ακριβή ιστορική ανάλυση, που ασφαλώς θα δείξει το θεμελιακό ρόλο που έπαιξαν οι ιδεολογικές και φιλοσοφικές συνιστώσες των σχολών Κοπεγχάγης και Γκέτινγκεν. Εν πάση περιπτώσει, σήμερα μπορούμε με βεβαιότητα να υποστηρίξουμε ότι έχει ανοίξει ο δρόμος για μια αιτιακή συμπλήρωση της κβαντικής μηχανικής και ότι ήδη ομάδες θεωρητικών φυσικών εργάζονται προς την κατεύθυνση αυτή με ενδιαφέροντα αποτελέσματα.³⁹

Ας έλθουμε τέλος στο πρόβλημα της χωρο-χρονικής περιγραφής. Αρκεί ν' ανοίξουμε ένα βιβλίο κβαντικής μηχανικής για να δούμε στις πρώτες σελίδες του την πρόταση (που την εμφανίζουν «ως αναπόφευκτο συμπέρασμα»), ότι η ατομική και υπο-ατομική πραγματικότητα δεν μπορεί να περιγραφεί ως εξελισσόμενη μέσα στο χώρο και το χρόνο. Μερικοί συγγραφείς εξηγούν προσεκτικά ότι οι κατηγορίες του χώρου και του χρόνου προέρχονται από εμπειρίες του μακροκόσμου, όπου και μεις ανήκουμε, και δεν υπάρχει καμιά εγγύηση ότι θα ισχύουν και σ' ένα επίπεδο πραγματικότητας τόσο απομακρυσμένο από την άμεση αντίληψη. Ως εδώ θα μπορούσε κανείς να συμφωνήσει, αν και παρατηρούμε ότι η χωρο-χρονική περιγραφή εφαρμόζεται πολύ καλά σ' ένα μακρόκοσμο μεγαλύτερο κατά 26 τάξεις μεγέθους από τον καθημερινό μας μακρόκοσμο, ενώ προσπαθούν να μας πείσουν ότι είναι αταίριαστη σ' ένα μικρόκοσμο μικρότερο μόνον κατά 10 τάξεις μεγέθους.

Εντούτοις, μια λεπτομερής ανάλυση⁴⁰ των πιο σημαντικών πειραμάτων που αφορούν τη δυαδική φύση των κβαντικών συστημάτων αποδεικνύει μια απεριόριστη δυνατότητα για μια ενιαία περιγραφή, αντιμετωπίζοντας κάθε υπο-ατομικό σύστημα (φωτόνιο, ηλεκτρόνιο, νετρόνιο, κλπ.) ως εντοπισμένο σ' ένα σημείο του χώρου («σωμάτιο»), με όλη την ορμή και ενέργεια συγκεντρωμένες εκεί, και συγχρόνως ως ένα φαινόμενο σε κάποια έκταση («κύμα») που κινείται σε στενή συνάφεια με το πρώτο. Με τον τρόπο αυτόν εξηγούνται:⁴¹

34. D. Bohm, Phys. Rev. 85, 166 and 180, 1952.

35. D. Bohm, and J.P. Vigier, Phys. Rev. 96, 208, 1954.

36. Λεπτομέρειες δίδονται στο βιβλίο: L. de Broglie, *Les Incertitudes d' Heisenberg et l' Interpretation Probabiliste de la Mecanique Ondulatoire*, Gauthier-Villars, Paris, 1982.

37. J.S. Bell, Rev. Mod. Phys. 38, 447, 1966.

38. Βλ. Αναφ. 6, σελ. 74-79.

39. Βλ. π.χ. E. Bitsakis, Found. Phys. 18, 331, (1988).

40. F. Selleri, Found. Phys. 12, 1087, 1982.

41. Για αναφορές σ' αυτό το πείραμα, βλ. Αναφ. 40.

1. Το πείραμα με τις δύο σχισμές.
2. Τα πειράματα των Janossy και Naray
3. Τα πειράματα του Glauser, καθώς και των Mandel και Dagenais.
4. Τα πειράματα συμβολομετρίας νετρονίων.
5. Το πείραμα των Pfleeger και Mandel.
6. Το πείραμα των Blake και Scarl.
7. Ο φθορισμός στην περιοχή ενός καθρέφτη.
8. Το φαινόμενο του υπερ-φθορισμού.
9. Τα πειράματα συμβολομετρίας με ακτίνες-Χ
10. Το φαινόμενο Bohm-Aharonov.
11. Τα πειράματα συμβολομετρίας ηλεκτρονίων.

Είναι επίσης εξαιρετικά ενδιαφέρον ότι η προτεινόμενη χωρο-χρονική περιγραφή έχει συνέπειες και σ' ένα εμπειρικό επίπεδο, ώστε να μπορεί να ελεγχθεί⁴². Έτσι, η πρόταση αυτή είναι, στην ορολογία του Popper, επιστημονική, αφού είναι ανοικτή σε διάψευση. Πάντως δεν θεωρείται πιθανό ένα αρνητικό αποτέλεσμα αυτών των πειραμάτων γιατί σ' αυτή την περίπτωση θα έπρεπε να θεωρηθεί συμπτωματική ή εξαιρετική συμφωνία ενός απλού, χωροχρονικού μοντέλου με μια ευρεία συλλογή πειραματικών δεδομένων που επιτεύχθηκαν σε πολύ διαφορετικές συνθήκες. *Η ύπαρξη του μοντέλου αυτού αποδεικνύει το αστήρικτο της δήθεν αδυναμίας περιγραφής των φαινομένων του μικρόκοσμου στο χώρο και χρόνο.* Μ' άλλα λόγια, έχει ήδη πραγματοποιηθεί, θεωρητικά και εννοιολογικά, η διάψευση του μοντέλου Κοπεγχάγης-Γκέτινγκεν.

Ανάμεσα στα θετικά σημεία της πρότασης είναι και η ενδεχόμενη ανακάλυψη ενός νέου επιπέδου πραγματικότητας («κενό κύμα»), καθώς και η ευριστικότητα (όπως ο Lakatos χρησιμοποιεί τον όρο αυτό!) της όλης ιδέας, η οποία απαιτεί μια σειρά θεωρητικών και πειραματικών ερευνών ως προς τη φύση της νέας αυτής οντότητας. Πρέπει, δυστυχώς, να προσθέσει κανείς ότι η επίλυση του προβλήματος συνδέεται και με κοινωνιολογικές αναστολές της επιστημονικής κοινότητας απέναντι στη νέα αυτή ιδέα.

Στην περίπτωση του θεωρήματος von Neumann μεσολάβησαν τουλάχιστο 20 χρόνια από την πρώτη απόπειρα απόρριψής του μέχρι τη γενική παραδοχή της νέας κατάστασης. Ίσως σήμερα χρειαστεί λιγότερος καιρός για τη νέα ιδέα! Καταλήξαμε ότι είναι δυνατή μια αιτιακή ερμηνεία των ατομικών φαινομένων (ξεπερνώντας, δηλαδή, το εμπόδιο του θεωρήματος von Neumann). Καταλήξαμε ακόμη, ότι είναι δυνατή και η χωρο-χρονική περιγραφή των φαινομένων αυτών. Τίποτε λοιπόν δεν εμποδίζει τη συνένωση των δύο νέων απόψεων σε μια μοναδική, αιτιακή και χωρο-χρονική περιγραφή, παραμερίζοντας όλα τα εμπόδια που είχαν θέσει οι σχολές της Κοπεγχάγης και του Γκέτινγκεν.

Δεν είναι εδώ η κατάλληλη θέση ν' αναλύσουμε με λεπτομέρειες την αρχή συμπληρωματικότητας του Bohr, καθώς και τις ιδέες του Heisenberg, ώστε να φανεί ανάγλυφα ποι' βρίσκεται το σφάλμα τους. Το θέμα αυτό το έχουμε διαπραγματευθεί αλλού.⁴³ Εδώ θα παρατηρήσουμε απλά ότι οι ιδέες των δύο μεγάλων

42. - Βλ. R. Giovanelli στην αναφ. 30 και A. Gozzini στο: *The Wave-Particle Dualism*, S. Dinner, et al., eds., Reidel, Dordrecht (1984).

43. - Βλ. ειδικά τα τρία πρώτα κεφάλαια της αναφ. 6.

φυσικῶν διαμορφώθηκαν κάτω από τις έντονες αντι-υλιστικές προκαταλήψεις τους.

4. Το Πραγματικό Αντικείμενο - Γίνεσθαι

Το καθετί υπόκειται σε αλλαγή και κάθε αντικείμενο, ακόμη και όταν φαίνεται αμετάβλητο, στην πραγματικότητα μεταβάλλεται, έστω και πολύ αργά για τη χρονική μας κλίμακα. Εντούτοις, είναι συνήθως *χρήσιμο*, για μικρά χρονικά διαστήματα, ν' αγνοήσουμε την εξέλιξη του εξεταζόμενου συστήματος: όλες οι επιστήμες βασίζονται σε τέτοιες παραδοχές. Η όποια αρίθμηση βασίζεται στο «πάγωμα» ενός γίνεσθαι. Λέμε, «μια πέτρα», κι εννοούμε ότι η μοναδικότητα αυτή, το συμπαγές της πέτρας, είναι μια αναλλοίωτη ιδιότητα. Κατά κάποιο τρόπο, τοποθετούμε τη «μια πέτρα» μας έξω από το χρόνο.

Λέγοντας «μια πέτρα», εννοούμε επίσης ότι το χαρακτηριστικό της πέτρας να είναι ένα ενιαίο και σταθερό αντικείμενο διατηρείται στα διάφορα σημεία του χώρου, δηλαδή το πού βρίσκεται δεν επηρεάζει το να «είναι μια πέτρα». Έτσι, την τοποθετούμε και έξω από το χώρο.

Οι παρατηρήσεις αυτές, που φαίνονται προφανείς στην Ελεατική Σχολή, δεν είναι το ίδιο αναντίρρητες στο φως της νέας φυσικής γνώσης! Γνωρίζουμε πράγματι, ότι κάθε αντικείμενο είναι πριν απ' όλα μια πηγή *πεδίων* (τουλάχιστον βαρυτικού), ακόμη ότι κάθε πεδίο περιέχει ενέργεια (στην οποία ακριβώς οφείλεται η δυναμική ενέργεια ενός δεύτερου αντικειμένου που βρίσκεται μέσα στο πεδίο του πρώτου), και τέλος, ότι ακόμη κι η μάζα του αντικειμένου δεν είναι παρά μια συμπυκνωμένη μορφή ενέργειας ($E=mc^2$).

Η διαφορά μεταξύ ενός αντικειμένου και του πεδίου του δεν είναι πράγματι και τόσο θεμελιακή, αν αμφότερα θεωρηθούν μορφές ενέργειας. Η διαφορά είναι περισσότερο *ποσοτική*, με την έννοια ότι το πεδίο που περιβάλλει το σώμα είναι ενεργειακά «αραιότερο» απ' ότι το ίδιο το σώμα. Αν τώρα θεωρήσουμε «δύο αντικείμενα», λαμβάνοντας υπ' όψη και τα πεδία τους, είναι φανερό ότι η αμοιβαία διείσδυση των δύο πεδίων τούς δημιουργεί παραμορφώσεις, που εξαρτώνται από την απόσταση. Κατά κάποιο τρόπο, τα «δύο αντικείμενα» είναι «ένα αντικείμενο», και η αρίθμηση δεν είναι παρά μια σχηματοποίηση που αγνοεί την αμοιβαία αλληλεπίδραση. Ασφαλώς, για μικρό αριθμό σωμάτων, επρόκειται για μια πολύ καλή προσέγγιση! Αν όμως το πλήθος η των αντικειμένων αυξάνει, τότε το πλήθος των αλληλεπιδράσεων αυξάνει επίσης σε $\eta(\eta-1)/2$, δηλαδή περίπου σε η^2 . Για μεγάλο, λοιπόν, πλήθος η, οι αλληλεπιδράσεις κυριαρχούν τόσο που τα αντικείμενα «λιώνουν» το ένα μέσα στ' άλλο κι η αρίθμησή τους δεν έχει πια έννοια. Έχουμε εδώ ένα χάσμα ανάμεσα στη μαθηματική αρίθμηση -που δεν έχει όριο- και στην υλική πραγματικότητα.

Αυτό λοιπόν που μας διδάσκει η νεότερη Φυσική είναι ότι η *απόλυτη* ανεξαρτησία δύο αντικειμένων από την μεταξύ τους απόσταση δεν είναι παρά μια ψευδαίσθηση και ότι στην πραγματικότητα πάντα υπάρχει κάποια αλληλεπίδραση μεταξύ τους.

Η διάσταση του συμπεράσματος αυτού καθορίζεται καλύτερα με τη λεπτομερέστερη γνώση του είδους των αλληλεπιδράσεων: υπάρχουν, στη φύση τουλάχιστον τέσσερα είδη αλληλεπιδράσεων (βαρυτική, ηλεκτρομαγνητική, πυρηνική

και ασθενής), που όλες χαρακτηρίζονται από τη μείωσή τους με την απόσταση.

Οι βαρυτικές και ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις δημιουργούν δυναμική ενέργεια που μειούται αντιστρόφως ανάλογα με την απόσταση. Στις πυρηνικές και ασθενείς αλληλεπιδράσεις η μείωση αυτή είναι ακόμη ταχύτερη (εκθετική). Μια πιθανή, πέμπτη αλληλεπίδραση («υπερ- ασθενής») συμπεριφέρεται ενδεχομένως όπως η ασθενής.

Ό,τι γνωρίζουμε για τα πεδία δυνάμεων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δύο μικροσκοπικά αντικείμενα (δύο φωτόνια, ένα ζεύγος ηλεκτρονίου-ποζιτρονίου) που βρίσκονται σε μια μακροσκοπική απόσταση μεταξύ τους είναι φυσικώς διαχωρισμένα, με την έννοια ότι η εξάρτηση της αλληλεπίδρασής τους από τη μεταξύ τους απόσταση είναι τόσο μικρή ώστε το πολύ να επηρεάζει μετρήσιμες ποσότητες μόνο στο δέκατο σημαντικό ψηφίο. Η παρατήρηση αυτή αποτελεί τη βάση του αξιώματος της διαχωρισιμότητας. Δεν έχει, βέβαια, ιδιαίτερη σημασία η αναφορά στο δέκατο ψηφίο. Και το τρίτο ψηφίο μας εξυπηρετεί το ίδιο. Έτσι, κινούμεθα με ασφάλεια αν ορίσουμε ότι:

Για κάθε ζεύγος αντικειμένων (μακροσκοπικών ή μικροσκοπικών) υπάρχει μια απόσταση μεταξύ τους, που πέρα απ' αυτή, η διαφοροποίηση κάθε μετρήσιμης ποσότητας που αναφέρεται στην αλληλεπίδρασή τους δεν υπερβαίνει το 1% (Αξίωμα της διαχωρίσιμης πραγματικότητας).

Το αξίωμα αυτό μας εξασφαλίζει ουσιαστικά τη δυνατότητα να μιλούμε για φαινόμενα και αντικείμενα μεμονομένως πραγματικά και όχι μόνο για μια πρωτογενή, αδιαφοροποίηση «αντικειμενική πραγματικότητα» του σύμπαντος. Η πραγματικότητα του «Όλου» είναι κενή και άχρηστη, δεν είναι παρά μεταφυσική. Αυτό που πράγματι ενδιαφέρει είναι να μπορούμε να μιλάμε για τα πράγματα που συναντούμε στη ζωή και στην επιστήμη, αναφερόμενοι αντικειμενικά σε πραγματικά αντικείμενα.

Το 1965 ο Bell απέδειξε⁴⁴ ότι υπάρχει μια μετρήσιμη ποσότητα Δ , που ικανοποιεί τη σχέση $\Delta \leq 2$ εφόσον ισχύει το αξίωμα του διαχωρισμού, σ' αντίθεση με την κβαντική μηχανική για την οποία $\Delta = 2,83$. Έτσι, η κβαντική μηχανική δεν συμβιβάζεται με την ιδέα της διαχωρίσιμης πραγματικότητας η οποία, όπως υποστηρίξαμε, αποτελεί το φυσικό θεμέλιο του μοντέρνου επιστημονικού ρεαλισμού. Εντούτοις, το συμπέρασμα της κβαντικής μηχανικής έχει βγει από έναν θεωρητικό φορμαλισμό, ο οποίος δεν βασίζεται ούτε σε πειραματικές απαιτήσεις, αλλ' ούτε καν σε κάποια ρητή απαίτηση. Πράγματι πριν από το 1965 κανείς δεν είχε αντιληφθεί ότι ενυπήρχε μια παραβίαση της αρχής του διαχωρισμού. Η διαπίστωση αυτή δεν σημαίνει υποχρεωτικά ότι το συμπέρασμα της κβαντικής μηχανικής είναι και εσφαλμένο, αφού ο φορμαλισμός της θεωρίας έχει να επιδείξει λαμπρές επιτυχίες (αρκεί να σκεφθεί κανείς την πρόβλεψη των αντισωματίων). Εντούτοις, δεδομένης της παραδοξότητας του συμπεράσματος, που αντιβαίνει σε ό,τι θα έπρεπε να είναι η βάση του σύγχρονου επιστημονικού ρεαλισμού, κι ακόμη της διαπίστωσης ότι η μοντέρνα Φυσική χρησιμοποίησε

44. J.S. Bell, Physics, 1, 195, 1964. Για τις πρόσφατες και πλήρεις αποδείξεις, βλ. F. Selleri, ed., *Quantum Mechanics versus Local Realism: the Einstein, Podolsky, and Rosen Paradox*, Plenum, London/New York (1988).

μερικές φορές άσχημα το φορμαλισμό της (ας σκεφθούμε το θεώρημα von Neumann), μπορεί κανείς να υποψιαστεί βάσιμα ότι δεν υπάρχει στη φύση παραβίαση της αρχής του διαχωρίσιμου. Ευτυχώς, το ερώτημα μπορεί ν' αντιμετωπιστεί πειραματικά, αν μετρηθεί η ποσότητα Δ και βρεθεί ίση με 2,83 ή αν βρεθεί ότι ισχύει η ανισότητα του Bell ($\Delta \leq 2$) που προκύπτει από το αξίωμα του διαχωρίσιμου.

Έχουν γίνει πολλά πειράματα και σχεδόν όλα -αν θεωρηθούν αξιόπιστα- φαίνεται να δικαιώνουν την κβαντική μηχανική. Εντούτοις, υπάρχουν σοβαροί λόγοι που συνιστούν να μην δεχτεί κανείς άκριτα το αποτέλεσμα των πειραμάτων αυτών.⁴⁵ Οι κριτικές αυτές, που αναπτύσσονται αλλού (Βιβλ. άριθ. 45) υποστηρίζουν ότι το πρόβλημα της ισχύος της ανισότητας Bell παραμένει ανοιχτό. Προσωπικά, θεωρώ σημαντικό να υπερασπιστεί κανείς την αρχή της διαχωρίσιμης πραγματικότητας, η οποία αποτελεί την ασφαλέστερη θεμελίωση ενός μοντέρνου επιστημονικού υλισμού. Βέβαια, δεν αποκλείεται η πρόοδος της Φυσικής ν' αποδείξει ότι πράγματι δεν ισχύει η αρχή αυτή. Για πολλούς, η «πρόοδος της Φυσικής» το έχει ήδη αποδείξει! Εντούτοις, πιστεύουμε ότι η άποψή τους βασίζεται μάλλον στις ιδεολογικές συνιστώσες της κβαντικής θεωρίας, που έχουν μόνον ιστορική προέλευση ενώ είναι αυθαίρετες λογικά, παρά σε μια αναντίρρηση πειραματική επαλήθευση. Το ξεκαθάρισμα μπορεί να γίνει μόνο στο τελευταίο επίπεδο!

Μερικά σχόλια για την αρχή της διαχωρίσιμης πραγματικότητας είναι, ίσως, χρήσιμα στο σημείο αυτό:

(1) Η αποδοχή του *Αξιώματος της Διαχωρίσιμης Πραγματικότητας (ΑΔΠ)* ενισχύεται σημαντικά από τη φυσική γνώση των αλληλεπιδράσεων (όχι όμως και από το φορμαλισμό, δηλαδή τη «κινηματική» της κβαντικής μηχανικής). Αξίζει να παρατηρείται κανείς ότι το ΑΔΠ αποτελεί μια *μη-μεταφυσική βάση του ρεαλισμού*⁴⁶. Έτσι, απορρίπτονται οι αντιρρήσεις των θετικιστών (τις οποίες αποδέχεται, εν μέρει, και ο Popper), που ισχυρίζονται ότι ο ρεαλισμός είναι ουσιαστικά μια μεταφυσική φιλοσοφία αφού δεν μπορεί να προτείνει ένα πείραμα για να την ελέγξει. Τώρα, με το ΑΔΠ, μπορούμε να πούμε: αποδείξτε αδιαφιλονίκητα ότι η ανισότητα Bell ($\Delta \leq 2$) δεν ισχύει στη φύση και τότε ο ρεαλισμός μας θα έχει αποδειχθεί επίσης εσφαλμένος! Ο φυσικός χαρακτήρας του ΑΔΠ είναι ακόμη έκδηλος στους περιέργους συσχετισμούς μεταξύ απομακρυσμένων σωματιών, τους οποίους συνεπάγεται μια *μη διαχωρίσιμη πραγματικότητα* (που ασφαλώς αυτή είναι μεταφυσική).

(2) ΤΟ ΑΔΠ απαιτεί την ισχύ της ανισότητας $\Delta \leq 2$, που παραβιάζεται από την κβαντική μηχανική. Αυτό σημαίνει ότι ο φορμαλισμός και η αξιωματώση της κβαντικής μηχανικής (μαζί με τους κανόνες που αποδίδουν ένα εμπειρικό νόημα στα σύμβολά της) δεν συμβιβάζονται, σε πειραματικό επίπεδο, με το ΑΔΠ. Νομίζω, ότι ποτέ πριν δεν έχει εμφανιστεί ένα τόσο πειστικό φιλοσοφικό αίνιγμα, που έχει να κάνει με τη *μαθηματική δομή της θεωρίας*, ανεξάρτητα από τις ερμηνείες της.

45. T.W. Marshall, E. Santos and F. Selleri, Phys. Lett. **98A**, 5 (1983); Βλ. επίσης: V.L. Lepore and F. Selleri, Found. Phys. Letters, in print (1990).

46. Υπάρχουν άπειρες ανισότητες που παραβιάζονται από την κβαντική μηχανική και οι οποίες συνάγονται από τον τοπικό ρεαλισμό. Βλ. A. Garuccio and F. Selleri, Found. Phys. **10**, 209 (1980).

(3) Στο ερώτημα «τί είναι χώρος;» το ΑΔΠ δίνει μια σαφή απάντηση. Ο «χώρος» εκδηλώνεται με τα φυσικά φαινόμενα, τα οποία καθιστά πιο διαχωρισμένα (δηλαδή, πιο φυσικώς διαχωρίσιμα μεταξύ τους) όσο αυξάνουν οι αποστάσεις μεταξύ των σωμάτων. Αυτή η άμεσα φυσική λειτουργία του χώρου εξαφανίζεται αν το ΑΔΠ δεν ισχύει στη φύση, που μ' άλλα λόγια σημαίνει ότι δεν θα υπήρχε χώρος! Ο κόσμος θα ήταν τότε πολύ παράξενος, αφού δύο μακροσκοπικά αντικείμενα (για τα οποία η κλασική Φυσική δέχεται το ΑΔΠ) θα χωρίζονταν από μια μεγάλη έκταση του χώρου, ενώ δύο άτομα που ανήκουν αντίστοιχα στα δύο αντικείμενα, θα χωρίζονταν από μια μηδενική απόσταση!

(4) Η υπόθεση που οι Einstein, Podolsky και Rosen έθεσαν στη βάση του επιχειρήματός τους ήταν, ουσιαστικά, το ΑΔΠ. Κατά κάποιο τρόπο όμως, προχώρησαν μόνο στο μισό συμπέρασμα, αφού περιορίστηκαν στην εξέταση της *πληρότητας* της κβαντικής μηχανικής (όπως παρουσιάζεται στο θεώρημα von Neumann). Το επιχείρημα τους απέδειξε τις αντιφάσεις που προκύπτουν αν κανείς δεχθεί *συγχρόνως* τις υποθέσεις:

(i) την ισχύ της κβαντικής μηχανικής,

(ii) την πληρότητά της,

(iii) το ΑΔΠ.

Αφού λοιπόν οι τρεις υποθέσεις δεν συμβιβάζονται μεταξύ τους, θα έπρεπε ν' απορρίψουν τη μία. Θεωρώντας οι Einstein, Podolsky και Rosen ότι οι υποθέσεις (i) και (iii) ήταν πέραν κάθε αμφιβολίας, συμπέραναν ότι η κβαντική μηχανική δεν είναι πλήρης. Εντούτοις, υπάρχει⁴⁷ ένας άλλος συλλογισμός που ξεκινά πάλι με τρεις υποθέσεις, οι οποίες εν μέρει διαφέρουν από τις προηγούμενες:

(i) την ισχύ της κβαντικής μηχανικής,

(ii) τη *μη* πληρότητά της,

(iii) το ΑΔΠ.

Αποδεικνύεται λοιπόν⁴⁷ ότι και αυτές οι υποθέσεις οδηγούν στις ίδιες αντιφάσεις! Όμως έτσι η πληρότητα (και η μη-πληρότητα) της κβαντικής μηχανικής συνιστά ένα ψευδοπρόβλημα. Οι αντιφάσεις δηλαδή (π.χ., ότι $\Delta \leq 2$) προκύπτουν από το ασυμβίβαστο των υποθέσεων (i) και (ii) της κβαντικής μηχανικής και του ΑΔΠ.

5. Οι προοπτικές

Η προοπτική για μια απεριόριστη ισχύ του αξιώματος της διαχωρίσιμης πραγματικότητας μου φαίνεται ελκυστική από τρεις τουλάχιστον πλευρές:

(Α) Το ΑΔΠ δεν έχει ποτέ αμφισβητηθεί από καμιά επιστήμη εκτός από τη Φυσική. Η ισχύς του είναι απεριόριστη στην αστροφυσική, στη γεωφυσική, στη γενετική, ακόμη και στην ψυχολογία. Οι μόνες αντιρρήσεις για το ΑΔΠ προέρχονται από τους παραψυχολογικούς κύκλους —που δεν μπορεί να τους πάρει κανείς πολύ στα σοβαρά. Η ανανέωση λοιπόν της ισχύος του ΑΔΠ και στη Φυσική θα σήμαινε την επαναθεμελίωση του επιστημονικού ρεαλισμού σε όλες τις επιστήμες.

(Β). Το ΑΔΠ εναρμονίζεται με μια αιτιακή αντίληψη για το χώρο και το χρόνο.

47. - F. Selleri, *Quantum Paradoxes and Physical Reality*, Kluwer, Dordrecht (1990).

την οποία οι πρόσφατες έρευνες στη θεμελίωση της κβαντικής μηχανικής (όπως αναπτύχθηκε στην προηγούμενη ενότητα) δείχνουν ως εφικτή. Με αυτήν την αφετηρία θα γίνει επίσης δυνατό να δημιουργηθεί μια ενιαία θεώρηση των ατομικών και υπο-ατομικών φαινομένων.

(Γ) Αν το ΑΔΠ ανακτήσει την ισχύ του στη Φυσική, θα παταχθούν οι μη ορθολογιστικές φιλοσοφίες που τόσο ενέπνευσαν τους υποστηρικτές των σχολών Κοπεγχάγης και Γκέτινγκεν. (Δεν θ' αναφερθούμε εδώ στις σχέσεις μεταξύ Φυσικής και ανορθολογισμού στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη, θέμα που έχει αναπτυχθεί σ' ενδιαφέροντα άρθρα).

Η υπεράσπιση της περιγραφής μιας πραγματικότητας μέσα στο χώρο και χρόνο είναι ακόμη πιο σημαντική σήμερα, όπου οι έρευνες του Piaget έχουν αποδείξει ότι οι κατηγορίες χώρου, χρόνου και αιτιότητας δεν είναι έμφυτες —όπως πίστευε ο Kant— αλλ' αποκτούνται βαθμιαία από το παιδί στην επαφή του με την περιβάλλουσα πραγματικότητα. Δεν πρόκειται, δηλαδή, για έννοιες που προέκυψαν από σπάνιες γενετικές συμπτώσεις, αλλά που είναι αναπόφευκτες απαιτήσεις για την επιβίωση στο φυσικό περιβάλλον. Ασφαλώς, η δικαίωση του ΑΔΠ θα έχει ως συνέπεια μια ουσιαστική αλλαγή στο θεωρητικό πρότυπο που επικρατεί σήμερα. Όμως, το τίμημα αυτό αξίζει τον κόπο, αν δεχτούμε ότι η Επιστήμη διαγράφεται μέσα στο πλαίσιο της Εξελικτικής Επιστημολογίας του Popper (ή και από το σχήμα που εκθέσαμε στην πρώτη ενότητα του άρθρου αυτού).

Ένα οριστικό ξεκαθάρισμα του προβλήματος είναι ιδιαίτερα επιτακτικό σήμερα, όπου ο φιλοσοφικός ιδεαλισμός βλασταίνει παρασιτικά πάνω σε άλυτα ακόμη επιστημονικά προβλήματα.