

**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ**

ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΓΙΑΝΝΗΣ
ΔΡΟΥΓΑΣ ΑΓΓΕΛΟΣ**

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΑΝΕΖΗΣ ΜΑΝΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΧΡΟΝΟΣ	5
Εισαγωγή	5
Χρόνος και Νεύτων	7
Χρόνος και Θερμοδυναμική	9
Χρόνος και σχετικότητα	13
Ο Χρόνος στην Γενική Θεωρία της Σχετικότητας	16
Ο χρόνος στην κβαντική φυσική	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ	23
Εισαγωγή	23
Πληροφορία και Επικοινωνία (μια περιγραφή με τεχνικούς όρους)	24
Ύλη, ενέργεια, χώρος, κενό (Πληροφορία και μετάδοση υπό το πρίσμα της σύγχρονης φυσικής)	29
Κενό	32
Ύλη και κενό	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΔΕΚΤΗΣ	42
Τα αισθητικά συστήματα - Αντίληψη	42
Λειτουργία των αισθητικών συστημάτων	43
Νευρώνες	46
Νευρικό σύστημα και υπολογιστικές μηχανές	50
Νέες ιδέες, σχόλια και παραδείγματα	52
Χαρακτηριστικά της αντιληπτικής διαδικασίας	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Η ΖΩΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΛΕΥΡΑ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ	59
Θέσεις και μέθοδοι αντιμετώπισης	59
Ολιστική και αναλυτική μέθοδος	61
Ζωή και θερμοδυναμική	64
Πρόέλευση της ζωής	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΛΕΥΡΑ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ	68
Ερωτήματα	68
Φυσικοί νόμοι	70
Αβεβαιότητα	72
Κοσμολογικά και φιλοσοφικά ερωτήματα	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ, ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΑ	79
Κοινωνική Πληροφορία	79
Επιστήμη και κοινωνία	82
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	86

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μέχρι τις αρχές του αιώνα, η φυσική επιστήμη είχε παγιωθεί πάνω στη νευτώνεια θεωρία, και η αντίληψη των πραγμάτων ήταν πολύ συγκεκριμένη και αποκομμένη σχετικά από τις άλλες επιστήμες. Πριν από περίπου εβδομήντα χρόνια τα πράγματα άρχισαν να αλλάζουν ραγδαία, και εμφανίζονται νέες, πολύ εντυπωσιακές και παράξενες ιδέες. Ιδέες που αφορούν το χώρο, το χρόνο, την ύλη, το πνεύμα και καθιστούν αυτές τις έννοιες αντικείμενο επαναπροσδιορισμού σε εννοιολογικό επίπεδο. Είναι η εποχή της μοντέρνας φυσικής που φέρνει τεράστιες αλλαγές στην ανθρώπινη σκέψη.

Στη δεκαετία του 1920 λοιπόν, εν μέσω κοινωνικών αλλαγών σε ολόκληρο το δυτικό κόσμο, στη φυσική διατυπώνονται δύο πολύ σπουδαίες θεωρίες: η θεωρία της σχετικότητας και η κβαντική θεωρία. Πάνω τους βασίζεται όλη η φυσική του 20^{ου} αιώνα. Όπως κάθε νέα θεωρία, έτσι κι αυτές, παρουσιάζονται αρχικά ως ένα καλύτερο μοντέλο περιγραφής του φυσικού κόσμου. Σύντομα, όμως, διαφαίνεται ότι οι νέες θεωρίες προϋποθέτουν ριζικές αλλαγές των αντιλήψεων περί πραγματικότητας. Τα φαινόμενα προσεγγίζονται με νέους τρόπους και φιλοσοφία η οποία δεν συνάδει με την κοινή αντίληψη.

Η σχετικότητα ενοποιεί τον χώρο και το χρόνο και θεωρεί την βαρύτητα ως γεωμετρική εκδήλωση του χωρόχρονου. Η κβαντομηχανική εισάγει εγγενείς αβεβαιότητες στη φυσική γνώση και "ενοποιεί" τον παρατηρητή με τα φαινόμενα. Η φυσική πραγματικότητα ξεφεύγει πλέον από τα όρια των αισθήσεων και απομακρύνεται σαφώς από τον υλισμό περνώντας σε ένα καθαρά πνευματικό - ίσως και μυστικιστικό - επίπεδο.

Οι απόψεις των φυσικών υιοθετούνται και από τους επιστήμονες πολλών διαφορετικών κλάδων που επιζητούν μια συνολική αντιμετώπιση των πραγμάτων. Η μοντέρνα φυσική και η συγγενής μοντέρνα κοσμολογία είναι πλέον σε θέση να απαντήσουν σε υπαρξιακά και μεταφυσικά ερωτήματα μέσω της δυνατότητας για ενιαία περιγραφή της δημιουργίας. Μπορούμε να σκεφτούμε πόσο σημαντικό είναι αυτό αν το δούμε από την προοπτική του ερωτήματος της προέλευσης του ανθρώπου ή του σύμπαντος.

Παράλληλα, κάποια χρόνια αργότερα, ο N. Wiener εκδίδει το βιβλίο του Κυβερνητική όπου βρίσκουμε, σε ένα άλλο πιο εφαρμοσμένο επίπεδο, μια συνολική διεπιστημονική αντιμετώπιση ενός πλήθους ζητημάτων, από τη λειτουργία των μηχανών ως τη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου. Κι εδώ πάλι φαίνεται η προσπάθεια μιας ολιστικής προσέγγισης των προβλημάτων.

Βασισμένοι, λοιπόν, στη λογική αυτού του βιβλίου, και όχι τόσο στο καθεαυτό περιεχόμενο, προσπαθήσαμε σε αυτή την εργασία, να αποδώσουμε από τη σκοπιά της φυσικής κυρίως αυτή την ολιστική μέθοδο αντιμετώπισης των πραγμάτων, διατυπώνοντας και αφήνοντας ανοικτά κάποια πολύ ουσιώδη ερωτήματα για τη φύση, το σύμπαν και τον άνθρωπο. Προσπαθήσαμε ακόμα, να καταδείξουμε την "ατέλεια" των δυνατοτήτων του ανθρώπου όταν αυτός προσπαθεί να μελετήσει το σύμπαν, και τη σημασία της πληροφορίας για το σκοπό αυτό.

Έτσι, στο πρώτο κεφάλαιο αναλύονται συνοπτικά οι απόψεις για το χρόνο, όπως αυτός εμφανίζεται στις φυσικές θεωρίες. Η σημασία της έννοιας του χρόνου είναι τεράστια αν σκεφτούμε ότι όλη μας η γνώση στηρίζεται στη χρονική συνέχεια. Κι όμως, θα δούμε ότι άλλος είναι ο χρόνος των ανθρώπινων ενεργειών κι άλλος αυτός των φυσικών φαινομένων. Κι ακόμα, οι διάφορες φυσικές θεωρίες τον διαχειρίζονται και τον ερμηνεύουν με διαφορετικό τρόπο η καθεμία.

Στη συνέχεια, στο δεύτερο κεφάλαιο ασχολούμαστε με την έννοια της πληροφορίας. Φαίνεται εκεί ότι η πληροφορία, όπως τη χρησιμοποιούμε σε επίπεδο περιγραφής, είναι κάτι τελείως διαφορετικό από αυτό που βλέπουμε υπό το πρίσμα των φυσικών θεωριών περί χώρου και ύλης. Αν εξετάσουμε τις παραμέτρους της διάδοσής της, την υλική φύση της και τη χρονική αλληλουχία, βλέπουμε ότι στα πλαίσια της μοντέρνας φυσικής ούτε μπορούμε να την καθορίσουμε, ούτε να την αναζητήσουμε ως ξεχωριστό "κομμάτι". Η ύλη, πλέον, δεν είναι και τόσο καθορισμένη έννοια, αφού ισοδυναμεί με ενέργεια. Ο χώρος διάδοσης δεν είναι ούτε τρισδιάστατος ούτε Ευκλείδειος κι ο χρόνος δεν είναι μια γραμμική διάσταση. Άρα, δε μπορούμε να έχουμε έναν ορισμό της πληροφορίας, αφού αυτή χρειάζεται όλες αυτές τις έννοιες για να οριστεί.

Στα επόμενα, βλέπουμε τον άνθρωπο ως δέκτη πληροφοριών από νευροβιολογική σκοπιά. Πως προσλαμβάνει πληροφορίες με τα αισθητήριά του και πως αυτές μετατρέπονται σε αντιληπτικές αντικειμενικότητες στον εγκέφαλο. Κι εδώ πάλι, συναντάμε πολύπλοκες λειτουργίες και τα αποτελέσματα φαίνονται πιο πρόσφορα όταν ειπωθούν μέσω ολιστικών μεθόδων. Καταλαβαίνουμε πόσο "ελλειμματικές" είναι οι αισθήσεις μας σε σχέση με την συμπαντική πραγματικότητα και πόσο πολύπλοκος και ανεξερεύνητος είναι ο ανθρώπινος εγκέφαλος.

Κατόπιν, στα δύο επόμενα κεφάλαια - "η ζωή από την πλευρά του φυσικού" και "το σύμπαν από την πλευρά του φυσικού" - αναλύονται μεθοδολογίες προσέγγισης των φαινομένων και αναδύονται ερωτήματα φιλοσοφικής και μεταφυσικής υφής. Μέσα από τις φυσικές διαδικασίες, αντιλήψεις και συμπτώσεις, εξετάζεται η ενότητα ανθρώπου - σύμπαντος και οι τρόποι προσέγγισης των φαινομένων ενιαία. Παρουσιάζονται αντιλήψεις και ερωτήματα που καταδεικνύουν αφενός τη σπουδαιότητα της φυσικής και αφετέρου τις αδυναμίες της.

Τέλος, σε λίγες σελίδες αναφέρεται η σύνδεση της επιστήμης με την κοινωνία και η επιρροή που ασκείται από τις φυσικές θεωρίες στη θεσμοθέτηση κοινωνικών κανόνων. Φαίνεται η σημασία που έχει η πληροφορία για την κοινωνική συνοχή, καθώς και η καταχρηστική πολλές φορές χρήση της επιστήμης και ο ρόλος της στη στήριξη συγκεκριμένων πολιτισμικών μοντέλων.

Σκοπός της εργασίας δεν είναι η παρουσίαση επιστημονικών δεδομένων και καταληκτικών φυσικών θεωριών. Αποτελεί, κυρίως, μια παρουσίαση ενός νέου τρόπου σκέψης, κατά τη γνώμη μας πιο ουσιαστικού, πιο αισιόδοξου, και πιο χρήσιμου στους ανθρώπους που επιδιώκουν την αναζήτηση της πνευματικής τους υπόστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΧΡΟΝΟΣ

Εισαγωγή

Η αντίληψη του ανθρώπου για το χρόνο είναι υποκειμενική όσον αφορά τουλάχιστον τη διάρκεια του. Κάποιες στιγμές περνάνε πολύ γρήγορα και κάποιες άλλες μας φαίνονται «αιώνες». Όλοι όμως γνωρίζουμε ότι η πορεία του ανθρώπου είναι πάντα προς τον θάνατο, ποτέ προς την αναγέννηση. Δίνουμε, λοιπόν, σαφώς μια κατεύθυνση στο χρόνο, διαχωρίζουμε το πρότερο από το ύστερο, το παρελθόν από το μέλλον. Ξέρουμε τι έγινε αλλά όχι τι θα γίνει (έκτος από τα μέντιουμ και τους προφήτες). Παρότι όμως έχουμε ως ανθρώπινο είδος μια κοινή εμπειρία του χρόνου, δε μπορούμε να μιλήσουμε με άνεση για το τι είναι αυτός, ποια είναι η ουσία του, η μορφή του, χωρίς τουλάχιστον για το δεύτερο να καταφύγουμε σε περιγραφές μέσω γεγονότων ή παρομοιώσεων αναπαράγοντας ουσιαστικά τον ίδιο τον χρόνο. Όσο για την ουσία του ας αρκεστούμε ότι θα την ανακαλύψουμε περιγράφοντας τι ιδιότητες του.

Έχουμε λοιπόν μια κοινή αντίληψη για την κατεύθυνση του χρόνου, αυτό όμως δεν συνέβαινε πάντοτε στο ανθρώπινο γένος. Ο Αριστοτέλης στα «φυσικά» αναφέρει "Όλα τα πράγματα διακρίνονται από τον χρόνο και λήγουν και αρχίζουν σαν να ταιριάζουν με ένα κύκλο. Γιατί ακόμα και ο ίδιος ο χρόνος θεωρείται ότι είναι ένας κύκλος. ".

Τα περιοδικά φαινόμενα του κόσμου μας υπέβαλαν την θεώρηση του κυκλικού χρόνου κάτι που συναντάμε στην κοσμοθεωρία πολλών πρότερων κοινωνιών. Η αέναη διαδοχή μέρας νύχτας, καλοκαιριού χειμώνα, ο κύκλος τη σελήνης, έδωσαν στους Μάγια της κεντρικής Αμερικής για παράδειγμα, την ιδέα ότι κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με την Ιστορία. Έτσι οι μάγια πίστευαν ότι η ιστορία επαναλαμβανόταν κάθε 260 χρόνια. Όταν το 1698 αποβιβάσθηκαν στην χώρα τους Ισπανοί εισβολείς, τα μέλη μιας φυλής τράπηκαν σε φυγή γιατί πίστευαν ότι είχε κλείσει ο κύκλος του χρόνου και μια νέα μεγάλη καταστροφή θα συνέβαινε όπως και στην αρχή του κύκλου. Η καταστροφή πράγματι συνέβη όχι όμως λόγω της ορθότητας της κοσμοαντίληψης τους αλλά λόγω της γνώσης των Ισπανών ιεραποστόλων, που είχαν επισκεφτεί τους Μάγια 80 χρόνια νωρίτερα, για την πίστη τους στον κυκλικό χρόνο.

Βλέπουμε λοιπόν τις επιπτώσεις της αντίληψης για το χρόνο να αποκτούν δραματική χροιά αφενός, αλλά και να προσδίδουν εξουσία στους διαχειριστές των . Ο "γραμμικός" (μη αντιστρεπτός)χρόνος εγκαθιδρύεται σταθερά από την ιουδαϊκό- χριστιανική παράδοσή και επηρεάζει βαθιά την σκέψη στο δυτικό κόσμο έως και σήμερα.

Παρατηρούμε λοιπόν μέσα από την ιστορία, το ρόλο του «χρόνου» στη διαμόρφωση την ανθρώπινης κοσμοαντίληψης . Όμως παρά το ότι ο χρόνος είναι πανταχού παρών όχι μόνο στην Ιστορία αλλά και στην λογοτεχνία, στην φιλοσοφία, στην επιστήμη, σε όλες τις ανθρώπινες αναζητήσεις, δεν είναι κάτι που ορίζεται σαφώς γιατί ο χρόνος δεν είναι κάτι απτό, είναι κάτι που μας περιβάλλει. Ακόμα και στις περιγραφές προηγούμενως χρησιμοποιήθηκαν όροι όπως ιστορία, εμπειρία, γεγονός, διαδοχή, όροι που εμπεριέχουν εμμέσως ένα χρονικό προσδιορισμό.

Η ανάλυση του χρόνου θέτει πολλές δυσκολίες που εμπεριέχονται στην ίδια τη φύση του. καταρχήν δεν μπορούμε να δούμε τον χρόνο χωριστά από την ύπαρξη μας. Ο χρόνος είναι παντού, δεν μπορούμε να τον παρατηρήσουμε όπως καθόμαστε να δούμε ένα αντικείμενο που κινείται. ο χρόνος δεν απομονώνεται, είναι ασταμάτητος την ίδια στιγμή που σκεφτόμαστε, η στιγμή παρέρχεται περνώντας στη μνήμη. Ο χρόνος δεν μας περιμένει, είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα του. Ακόμα ο χρόνος δεν «υλοποιείται » από τις ανθρώπινες αισθήσεις σαν ξέχωρο φαινόμενο. Συνειδητοποιούμε μεν το πέρασμά του αλλά αυτό δεν τον κάνει απτή ύλη

Είδαμε λοιπόν, ότι ενώ ο χρόνος είναι πολύ οικείος είναι παράλληλα και ακατανόητος. Σχετίζεται με όλα τα φαινόμενα και τα γεγονότα αλλά δεν περιγράφεται χωρίς αυτά. Θα περιγράψουμε στη συνέχεια τον χρόνο όπως τον βλέπει η φυσική επιστήμη, η επιστήμη που ασχολείται με τα φαινόμενα της φύσης που μας περιβάλουν σε μακροσκοπική κλίμακα και που μας συνθέτουν σε μικροσκοπική. Η φυσική είναι κατεξοχήν αυτή που ασχολείται με την κίνηση, τη ροή, την αλλαγή, τα φαινόμενα και τις σχέσεις μεταξύ τους, τις διαδικασίες που έχουν «ιστορία»,με όλα όσα συνδέονται τελικά με τον χρόνο. Θα δούμε ότι οι κυριότερες φυσικές θεωρίες εξωραίζουν τον χρόνο με την έννοια που τον αντιλαμβανόμαστε δίνοντας του μία «άχρονη» μορφή.

Παρόλα αυτά εμφανίζονται νέες ιδέες και πλαίσια σκέψης ενώ ταυτόχρονα έχουμε αποτελέσματα από την φυσική και σε άμεσο πρακτικό επίπεδο.

Χρόνος και Νεύτων

Ο χρόνος εισάγεται στη φυσική με την μορφή μίας παραμέτρου, του t , που συμβολίζει έναν πραγματικό αριθμό. Υπό αυτή την έννοια ο χρόνος μαθηματοποιείται σε μια διάσταση, εφόσον το t βρίσκεται πάνω στην ευθεία των πραγματικών αριθμών. Η απεικόνιση του χρόνου σε μία ευθεία (μαθηματικό αντικείμενο) προϋποθέτει ότι αυτός έχει φορά και είναι συνεχής.

Ο χρόνος στη φυσική βρίσκεται σε όλες τις εξισώσεις της με σαφή μορφή. Υπάρχει στις έννοιες της ταχύτητας και της επιτάχυνσης. Το ερώτημα είναι αν ο χρόνος αυτός είναι ένας χρόνος των ιδιαίτερων καταστάσεων των φυσικών φαινομένων ή ένας παγκόσμιος οικουμενικός χρόνος.

Ο Νεύτων δημιούργησε τους νόμους κίνησης των σωμάτων στους οποίους ο χρόνος κύλα ομοιόμορφα, είναι αμετάβλητος και απόλυτος για όλα τα φαινόμενα και τους παρατηρητές. Αυτός ο Νευτώνειος χρόνος γίνεται αποδεκτός πολύ εύκολα γιατί δίνει στη μηχανική μία πολύ καλή αποτελεσματικότητα. Μπορεί να περιγράψει την κίνηση των σωμάτων και να προγνώσει την θέση τους στο χώρο.

Ο Νεύτων είπε ότι ο χρόνος ρέει ομοιόμορφα από το παρελθόν στο μέλλον, δήλωση που δίνει σαφώς μια κατεύθυνση του χρόνου. Από την άλλη όμως ο χρόνος όπως εισάγεται στις εξισώσεις του Νεύτωνα για την κίνηση είναι στην πραγματικότητα αναστρέψιμος αφού με τις ίδιες εξισώσεις μπορούμε να μελετήσουμε το παρελθόν αλλά και το μέλλον ενός συστήματος. Αυτό γίνεται γιατί οι εξισώσεις της μηχανικής είναι συμμετρικές ως προς τον χρόνο, δηλαδή τη μεταβλητή t . Έτσι μπορούμε να βρούμε πότε θα γίνει μια έκλειψη από τις εξισώσεις των τροχιών των ουράνιων σωμάτων, αλλά μπορούμε εξίσου να βρούμε ποτέ έγινε μια έκλειψη.

Ας προσέξουμε εδώ ότι ο ορισμός του Νεύτων για το χρόνο είναι «εξωθεωρητικός» δηλαδή δεν ορίζεται και δεν περιγράφεται από τις σχέσεις της μηχανικής. Είναι ένα μέγεθος που βοηθά στο ορισμό άλλων μεγεθών όπως της ταχύτητας, επιτάχυνσης, κλπ. αλλά δεν υπάρχει ρητά στην θεωρία.

Πρέπει ακόμα να δούμε ότι η άποψη του Νεύτων για το χρόνο είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την αντίληψη περί αιτιότητας των φαινομένων. Κάθε αίτιο έχει ένα αποτέλεσμα. Αυτό δίνει την δυνατότητα να ορίσουμε μέσω μίας μονόδρομης σχέσης την θέση των γεγονότων στην παγκόσμια ευθεία του χρόνου. Το ύστερο δεν μπορεί να προηγείται του πρότερου και κατά συνέπεια η σχέση της χρονικής αλληλουχίας δεν μπορεί να αλλάξει, εφόσον τα γεγονότα αποτυπώνονται μέσω του χρόνου στο μονοδιάστατο γεωμετρικό αντικείμενο που καλείται ευθεία.

Στην Νευτώνεια φυσική, το φως διαδίδεται με άπειρη ταχύτητα και έτσι δύο παρατηρητές αν συγχρονίσουν τα ρολόγια μπορούν ανταλλάσσοντας στιγμιαία ένα σήμα να δουν ότι το ταυτόχρονο στα ρολόγια τους παραμένει, αφού και οι δυο αναφέρονται στον κοινό χρόνο τους, που είναι ένας και οικουμενικός για όλους και όλα. Ακόμα και αν αγνοήσουμε εδώ το πρόβλημα της έννοιας της άπειρης ταχύτητας διάδοσης, παραμένει ένας προβληματισμός όσον αφορά το γίνεσθαι των φυσικών συμβάντων για τα οποία η συνείδηση του παρατηρητή είναι σαφώς χρονική. Το ότι έχουμε όμως χρονική συνείδηση του γίνεσθαι των φυσικών συμβάντων δεν παρέχει καμία βεβαιότητα για τη φυσική υπόσταση ανεξάρτητα από τη νόηση του παρατηρητή. Έτσι, η επικοινωνία ανάμεσα στους δυο παρατηρητές με τον τρόπο που αναφέρθηκε παραπάνω παραμένει στο επίπεδο της σύμβασης που κάνουν μέσα στον οικουμενικά ορισμένο χρόνο.

Ένα ακόμη πρόβλημα που εμφανίζεται στη Νευτώνεια φυσική αφορά τις αρχικές συνθήκες σε ένα πολύπλοκο σύστημα σωμάτων, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για παράδειγμα στην μετεωρολογία. Η τέλεια γνώση των συνθηκών είναι αδύνατη. Οι μικρές, έστω, αβεβαιότητες όμως θα προσφέρουν πιθανόν τεράστιες μελλοντικές διαφορές. Υπό το πρίσμα αυτού του προβλήματος, μπορούμε να διακρίνουμε ότι η αιτιοκρατία αποκαθλώνεται ή τουλάχιστον περιορίζεται πολύ η δυνατότητα μας να στηρίξουμε σε αυτή όλες τις προσπάθειες ερμηνείας των φαινομένων.

Περιορίζεται δηλαδή ως βάση των λογικών κανόνων σύνδεσης των γεγονότων.

Συνοψίζοντας, θα λέγαμε ότι ο χρόνος όπως τον ορίζει ο Νεύτων δίνει μια κατεύθυνση από το παρελθόν προς το μέλλον η οποία όμως δεν προκύπτει από την θεωρία του, αλλά είναι καθαρά εμπειρική. Ο χρόνος μέσα στις εξισώσεις της Νευτώνειας θεωρίας είναι μόνο μια αόριστη και τυπική παράμετρος που δεν διαχωρίζει το μέλλον από το παρελθόν.

Χρόνος και Θερμοδυναμική

Πολλά γεγονότα της άμεσης αισθητηριακής αντίληψης μας παρουσιάζουν μια μονόδρομη εξέλιξη. Κανένας δεν είδε ποτέ ένα φλιτζάνι καφέ να ζεσταίνεται από μόνο του ούτε ένα σπασμένο βάζο να συντίθεται από τα κομμάτια του. Οι περισσότερες διαδικασίες στο μακρόκοσμο είναι μη αντιστρεπτές. Έτσι εισάγεται μια έννοια 'Ιστορίας' στα συστήματα που δίνει μια κατεύθυνση του χρόνου.

Οι διαδικασίες αυτές που παρουσιάζουν μια μη αναστρέψιμη πορεία συνδέονται άμεσα με τη θερμότητα ως μορφή ενέργειας και την ιδιαίτερη θέση που αυτή κατέχει ανάμεσα στις άλλες ενεργειακές μορφές. Η θερμότητα είναι και η συμπεριφορά της είναι το κυριότερο πεδίο της θερμοδυναμικής η οποία εξηγεί γιατί ο καφές στο φλιτζάνι θα κρυώσει.

Η μελέτη του Sadi Carnot πάνω στη θεωρητική απόδοση των ατμομηχανών στην αρχή του 19^{ου} αιώνα σήμαινε την έναρξη της διαμόρφωσης του πεδίου της θερμοδυναμικής ως ξεχωριστού πλαισίου στη φυσική θεωρία.

Η θερμότητα αντιμετωπίστηκε συστηματικά ως μορφή ενέργειας σε ίσους όρους με τις άλλες γνωστές μορφές (έργο), έχει όμως ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό: είναι κατά κάποιο τρόπο κατώτερη ποιοτικά και αυτό γιατί διασκορπίζεται αναπόφευκτα και η φορά μετάδοσης της είναι μονόδρομη, από το ζεστό προς το κρύο. Παρατηρούμε λοιπόν τη μη αναστρεψιμότητα στις διαδικασίες που η θερμότητα συμμετέχει.

Ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής, που είναι ένας μακροσκοπικός νόμος, εισάγει ένα καινούργιο φυσικό μέγεθος, την εντροπία που χαρακτηρίζει κάθε φυσικό μέγεθος, την εντροπία που χαρακτηρίζει κάθε φυσικό σύστημα. η εντροπία χαρακτηρίζει το βαθμό αταξίας ή τυχαιότητας που υπάρχει σε κάθε φυσικό σύστημα.

Ο δεύτερος νόμος μας λέει ότι κάθε απομονωμένο φυσικό σύστημα που θα αφεθεί στους δικούς του μηχανισμούς έχει την τάση να αυξήσει την εντροπία του, δηλαδή την αταξία του. Όταν το δυναμικό αλλαγής του συστήματος εξαντληθεί η αταξία θα είναι η μέγιστη δυνατή. Με το πέρασμα του χρόνου, η εντροπία αυξάνει, παρουσιάζεται δηλαδή μια διαδικασία που συνοδοιπορεί με τον χρόνο χωρίς να μπορεί να επιστρέψει.

Στην πραγματικότητα η αύξηση της εντροπίας απομονωμένου συστήματος εκφράζει απλά τη μέση τάση του συστήματος να φτάσει σε πιο πιθανές καταστάσεις άρα και πιο σταθερές. Κατά αυτήν την θερμοδυναμικό χρονικό βέλος είναι αυτό από το απίθανο σημαδεύει το πιο πιθανό και το πιο πιθανό είναι αυτό με την μεγαλύτερη αταξία.

Ας σημειώσουμε βέβαια ότι και εδώ η σύνδεση του χρόνου με αυτές τις διαδικασίες δεν γίνεται απ' ευθείας, αλλά μέσω τις εννοίας της 'ιστορικότητας' που αποκτά το σύστημα λόγω της δυνατότητας του να εξελιχθεί προς μια κατεύθυνση. Επειδή, τώρα, οι νόμοι της θερμοδυναμικής είναι μακροσκοπικοί, και ως τέτοιοι ίσως να χαρακτηρίζονται «επιφανειακοί», θα δούμε προς προκύπτουν τα αποτελέσματα ξεκινώντας από μικροσκοπικό επίπεδο.

Ο L. Boltzmann ήταν αυτός που έκανε τον παρακάτω συσχετισμό. Ξεκινώντας από τις εξισώσεις (μικροσκοπικές) των σωματιδίων ύλης προσπάθησε να δώσει τα αποτελέσματα σε μακροσκοπικό επίπεδο όπως τα περιγράφει η θερμοδυναμική. Για να εμβαθύνει στο θέμα και να κάνει αποδεκτά τα αποτελέσματα του ο L. Boltzmann προσπάθησε να συνδέσει τη Νευτώνεια μηχανική με το 2^ο θερμοδυναμικό νόμο. Η μηχανική όμως που εξετάζει τη συμπεριφορά του κάθε σωματιδίου γίνεται πρακτικά ανεφάρμοστη σε ένα τεράστιο αριθμό σωματιδίων. Έτσι αναπόφευκτα η μελέτη του L. Boltzmann ήταν στατιστική. Αντί για λεπτομερή υπολογισμό όλων των σωματιδίων προσέτρεξε στις πιθανότητες. Δημιούργησε έτσι ένα μαθηματικό

μέγεθος, σε συνάρτηση των θέσεων και των ταχυτήτων των μορίων που είχε ιδιότητες, σε μικροσκοπικό επίπεδο ανάλογες της εντροπίας.

Στο σημείο αυτό να κάνουμε δύο παρατηρήσεις. Οι μικροσκοπικές εξισώσεις για τα σωματίδια είναι αντιστρεπτές στο χρόνο ενώ από την άλλη είναι λογικό να σκεφτούμε ότι τα μακροσκοπικά αποτελέσματα συντίθενται από τη συμπεριφορά των (μικροσκοπικών μερών) τους. Γίνεται εύλογη, λοιπόν, η απορία πως τα σωματίδια που περιγράφονται από χρονικά συμμετρικές εξισώσεις δίνουν ένα σύνολο με μη αναστρέψιμες εξισώσεις, άρα χρονικά ασύμμετρο. Ακόμα η στατιστική επεξεργασία προβάλλει στο μακρόκοσμο τη μη αναστρεψιμότητα ενώ η μικροσκοπική 'πραγματικότητα' παραμένει αναστρέψιμη. Η στατιστική πραγματικότητα παρουσιάζεται έτσι γιατί συμφωνεί με τα φαινόμενα. Όμως, ως στατιστική δεν είναι μια πραγματικότητα από άποψη αρχών. Κατά αυτήν την έννοια η μακροσκοπική μη αναστρέψιμη πραγματικότητα θα αποτελεί μια ψευδαίσθηση που προβάλλει ο μικροσκοπικός κόσμος μέσω στατιστικής επεξεργασίας του στον μακρόκοσμο.

Να αναφέρουμε εδώ, ότι η απώλεια θερμότητας λόγω διασκορπισμού ενέργειας που προβλέπει ο 2^{ος} νόμος είναι ενοχλητική τουλάχιστον σε πρακτικό επίπεδο όπως η λειτουργία της ατμομηχανής. Έτσι, όσοι ασχολήθηκαν αρχικά με τη θερμοδυναμική σκέφτηκαν ότι μέσω μιας απείρως αργής διαδικασίας το σύστημα θα βρίσκεται κάθε στιγμή σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας με το περιβάλλον του. Η εντροπία θα είχε πάντα τη μέγιστη τιμή και δε θα συνέβαιναν μη αντιστρεπτές απώλειες ενέργειας . Σε αυτή την περίπτωση βέβαια ο 2ος νόμος δεν παραβιάζεται γιατί η αποδοτικότητα της μηχανής δεν γίνεται 100%, όμως η διαδικασία μέσω της παραδοχής του άπειρου χρόνου για την ολοκλήρωση της, ουσιαστικά εξωραϊζει τον ίδιο το χρόνο από το φαινόμενο. Φαίνεται λοιπόν ότι η προσέγγιση της ισορροπίας και με αυτόν τον τρόπο παρουσιάζει ελαττώματα. Εξάλλου όλα τα πραγματικά φαινόμενα συμβαίνουν σε πεπερασμένο χρόνο και δεν μπορούν να περιέχουν άπειρη διαδοχή καταστάσεων. Ο ορισμός του Clausius όμως για την εντροπία αφορά μόνο καταστάσεις ισορροπίας και έτσι είναι φανερό το πρόβλημά κατά πόσον έχει υπόσταση ένα μέγεθος σαν την εντροπία μακριά από την ισορροπία.

Σε κοσμολογικό επίπεδο τώρα η θεώρηση του σύμπαντος ως απομονωμένου συστήματος δίνει την απογοητευτική προοπτική ενός θερμικού θανάτου του. Το σύμπαν σταδιακά θα εκφυλιστεί, καθώς η εντροπία και η τυχαιότητα θα μεγιστοποιηθούν και θα φτάσουμε στην κατάσταση ισορροπίας όπου κάθε δυναμικό για αλλαγή θα έχει εξαντληθεί με αποτέλεσμα η ζωή να εξαφανιστεί. Αυτή η επιχειρηματολογία για το σύμπαν είναι όμως αρκετά προβληματική αφού αγνοεί το ρόλο της βαρύτητας, της κυριότερης δύναμης σε μακροσκοπικό επίπεδο. Έπειτα από αστρονομικές παρατηρήσεις ξέρουμε ότι το σύμπαν σε καμία περιοχή δεν βρίσκεται κοντά σε θερμοδυναμική ισορροπία.

Η θερμοδυναμική μακριά από την ισορροπία είναι ένα αρκετά πολύπλοκο θέμα, τόσο σε εννοιολογικό επίπεδο όσο και στο ότι απαιτεί νέο μαθηματικό formalism αυτόν τον μη γραμμικών συστημάτων. Με το θέμα αυτό έχουν ασχοληθεί πολλοί φυσικοί μεταξύ των οποίων ο Ilya Prigogine με ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Ο Prigogine μελετώντας την θερμοδυναμική για συστήματα μακριά από την ισορροπία διαπίστωσε ότι η ερμηνεία το 2^{ου} θερμοδυναμικού νόμου που συνδέει απλά την εντροπία με την «αταξία» δεν είναι αρκετά ακριβής. Υποστήριξε ότι μέσα από την τυχαιότητα μπορεί να αναδυθεί αυθόρμητα κάποια δομική οργάνωση. Πιο συγκεκριμένα έδειξε ότι όταν σε ανοιχτά συστήματα υπάρχει μια μικρή εξωτερική επιρροή, αυτά διατηρούνται έξω από την ισορροπία και δεν οδεύουν προς την πλήρη τυχαιότητα.

Η γενική ιδέα είναι ότι μπορούν σταθερά συστήματα όταν εξωθούνται μακριά από την ισορροπία να “διαλέγουν” μια εξελικτική πορεία προς μια οργανωμένη κατάσταση και έτσι μπορεί να υπάρχουν σε μοριακό επίπεδο πολύ οργανωμένες συμπεριφορές στο χώρο και στο χρόνο. Εδώ βέβαια αρχίζουν να περιπλέκονται τα πράγματα γιατί δεν γνωρίζουμε το δρόμο της εξέλιξης του συστήματος, παρά μόνο ότι η εξέλιξη αυτή θα προκύψει. Η περιγραφή γίνεται σε επίπεδο δυνατοτήτων και κατά αυτόν τον τρόπο είναι πιθανοκρατική.

Συνοψίζοντας στο θέμα της θερμοδυναμικής μακριά από την ισορροπία θα λέγαμε ότι η κεντρική ιδέα είναι ότι η αύξηση της εντροπίας δεν συνεπάγεται απαραίτητα την πορεία προς τυχαιότητα και την κατάρρευση. Υπάρχουν οι δυνατότητες στα ανοιχτά συστήματα να αυτοοργανώνονται σε αξιοσημείωτες

μορφές, χωρίς να βγαίνουν εννοιολογικά από το θερμοδυναμικό πλαίσιο για να περιγραφούν.

Υπό το πρίσμα των σκέψεων αυτών δεν είναι παράδοξη συμφωνά με την θερμοδυναμική η ύπαρξη της ζωής ή η γέννηση γαλαξιών αφού υποτίθεται ότι μπορεί να περιγραφεί μέσα στο πλαίσιο της θερμοδυναμικής θεωρίας.

Παρά ταύτα, παραμένουν πολλά προβλήματα άλυτα στη σχέση της με την μηχανική και του μικρόκοσμου. Τέλος δεν υπάρχει ένας συνολικός φορμαλισμός για όλα τα φαινόμενα που επιδιώκει να χειριστεί.

Χρόνος και σχετικότητα

Πριν ξεκινήσουμε τη συζήτηση για τη σχετικότητα και την θέση που κατέχει ο χρόνος μέσα σε αυτή τη θεωρία, οφείλουμε να επισημάνουμε κάποια πράγματα σχετικά με τον τρόπο αντίληψης που έχει ο άνθρωπος για τον κόσμο.

Οι απόψεις και οι θεωρίες που διατυπώνονται για να εξηγήσουν τα γεγονότα του κόσμου μας, βασίζονται κατά κύριο λόγο στη φαινομενολογία. Αυτό είναι πολύ λογικό εφόσον η επαφή του ανθρώπου με το περιβάλλον γίνεται με τις αισθήσεις, και ειδικά με την όραση, που είναι εξαιρετικά άμεσες και χρηστικές. Αναπτύσσεται έτσι ένα εννοιολογικό πλαίσιο όπου κάθε πρωταρχική έννοια αν και δεν ορίζεται ρητά, σημασιοδοτεί τα ίδια πράγματα σε γενικές γραμμές για όλους.

Η επανάσταση της σχετικότητας δεν ήταν τόσο η εξήγηση φυσικών φαινομένων που δεν κάλυπταν οι προηγούμενες θεωρίες, όπως εμφανίζεται σε πρακτικό επίπεδο, αλλά η δημιουργία ενός καινούργιου εννοιολογικού πλαισίου, μέσα από το οποίο διαφαίνεται πόσο φτωχές παρουσιάζονται οι αισθήσεις μας στην προσπάθεια κατανόησης της «πραγματικότητας» του κόσμου μας.

Για τον Einstein οι έννοιες του χώρου και του χρόνου δεν είναι δεδομένες. Χρόνος είναι αυτό που μετράμε με τα ρολόγια μας και χώρος αυτό που μετράμε με τους χάρακες μας. Κατά αυτό τον τρόπο, οι παρατηρητές που μετράνε τις διάρκειες των γεγονότων αντιμετωπίζονται πιο «ρεαλιστικά». Αποδεικνύεται ότι αν αυτοί βρίσκονται σε διαφορετικά συστήματα αναφοράς δε θα δώσουν τα ίδια αποτελέσματα για τις μετρήσεις τους.

Χάνεται λοιπόν η έννοια του απόλυτου οικουμενικού χρόνου που κυλάει ομοιόμορφα έξω από τα γεγονότα. Ο χρόνος γίνεται τοπικός και το κάθε «ρολόι» που μετακινείται γρήγορα στο χώρο επιβραδύνει το ρυθμό των χτύπων του. Πιο συγκεκριμένα η ειδική σχετικότητα υποχρέωσε τον Einstein να εισάγει την έννοια του χωρόχρονου αντικαθιστώντας τις μέχρι τότε χωριστές έννοιες του χώρου και του χρόνου.

Οι μετασχηματισμοί του Lorentz που χρησιμοποιούνται για να περάσουν από ένα σύστημα αναφοράς στο άλλο, στη θεωρία της ειδικής σχετικότητας, έχουν το χαρακτηριστικό να αναμιγνύουν τις χωρικές και χρονικές συντεταγμένες χωρίς να κάνουν καμία διάκριση μεταξύ τους. Ο χρόνος κατά μια έννοια «χωροποιείται». Ο Minkowski είχε πει «Ο χώρος καθ' εαυτός και ο χρόνος καθ' εαυτός είναι καταδικασμένοι να καταντήσουν απλές σκιές και μόνο ένα είδος ενότητας των δυο θα διατηρήσει μια ανεξάρτητη πραγματικότητα».

Στα παραπάνω πρέπει να γίνει φανερή η νέα αυτή αντίληψη για το χώρο και το χρόνο που είναι πλέον χωρόχρονος. Η ενοποίηση τους δεν είναι ένα μαθηματικό τέχνασμα για τον καλύτερο χειρισμό τους, είναι ουσιαστική ως προς την φύση τους. Ο χωρόχρονος χάνει την υπόστασή του αν χωριστεί σε χώρο και χρόνο.

Οι ιδιότητες του χωρόχρονου καθορίζονται από την πεπερασμένη ταχύτητα των φυσικών αλληλεπιδράσεων. Η ταχύτητα του φωτός c είναι η ανώτερη δυνατή στη φύση. Είναι ένας αριθμός πεπερασμένος και κατά συνέπεια οι φυσικές αλληλεπιδράσεις πραγματοποιούνται σε κάποιο χρόνο (και χώρο) και όχι απείρως γρήγορα.

Το χωροχρονικό συνεχές, επιβεβαιώνεται πειραματικά και εκεί βρίσκεται η μεγάλη δύναμη του. Η χωροχρονική περιγραφή είναι στην ουσία η

ενσωμάτωση της κίνησης στην αντίληψη των φαινομένων. Η κίνηση προκύπτει από αλληλεπίδραση και οι αλληλεπιδράσεις διαδίδονται με πεπερασμένη ταχύτητα. Άρα και τα σώματα που συμμετέχουν αλληλοκαθορίζονται μέσα από τις φυσικές διαδικασίες. Ο χωρόχρονος δηλαδή υπάρχει άμεσα συνδεδεμένος με τα φαινόμενα, και τα φαινόμενα τον «παράγουν». Ο χρόνος δεν υπάρχει αφ' εαυτού αλλά πραγματώνεται μέσω των φαινομένων. Η έννοια της καθαρής διάρκειάς του είναι αφαίρεση.

Καταλαβαίνουμε λοιπόν πόσο σημαντικό ρόλο παίζει η πεπερασμένη ταχύτητα των φυσικών αλληλεπιδράσεων σε όλο αυτό το οικοδόμημά του χωρόχρονου. Καθορίζει την τοπικότητα των συμβάντων και έτσι γεγονότα που για κάποιον παρατηρητή βρίσκονται στο μέλλον, για κάποιο άλλον βρίσκονται στο παρελθόν και για ένα τρίτο στο παρόν. Βέβαια υπάρχουν αιτιακές σχέσεις ανάμεσα στα γεγονότα, που απεικονίζουν μια ροή του χρόνου μέσω της ροής των φαινομένων που συνδέονται με γενετικές σχέσεις. Όμως το ταυτόχρονο δεν είναι πια απόλυτη έννοια εξαρτάται από το σύστημα αναφοράς. Οι έννοιες προηγούμενου και επόμενου σχετικοποιούνται. Ακόμα η χρονική τάξη γεγονότων που δεν συνδέονται αιτιακά μπορεί να αντιστραφεί αν στρέψουμε το σύστημα αναφοράς.

Αυτό που πρέπει να καταλάβουμε είναι ότι η χρονική τάξη των γεγονότων εντάσσεται μέσα σε ένα τετραδιάστατο συνεχές (χωροχρονικό πλαίσιο). Δηλαδή, οι σχέσεις των συμβάντων ορίζονται από τα ίδια τα συμβάντα και το υπόβαθρο στο οποίο λαμβάνουν χώρα. Όταν, δηλαδή, αναφέρουμε όπως παραπάνω χρονικές σχέσεις, ο χρόνος δεν είναι κάτι ξεχωριστό από τα φαινόμενα.

Έχοντας τώρα υπόψη μας αυτή την νέα οπτική για το χρόνο θα ασχοληθούμε με την βαρύτητα και την θεωρία που την περιγράφει καλύτερα τη Γενική θεωρία της σχετικότητας, όπου θα δούμε πρωτότυπες ιδέες για το χρόνο και το σύμπαν που μας περιβάλλει.

Ο Χρόνος στην Γενική Θεωρία της Σχετικότητας

Για να κατανοήσουμε καλύτερα την Γενική θεωρία της σχετικότητας, πρέπει να αναφέρουμε κάποια πράγματα για την γεωμετρία, αφού η γεωμετρία της Γενικής θεωρίας της σχετικότητας είναι άλλη από την ευκλείδεια με την οποία είμαστε εξοικειωμένοι.

Γεωμετρία είναι η περιγραφή του χώρου μέσω των ιδιοτήτων που αυτός παρουσιάζει. Η πιο γνωστή εικόνα του χώρου είναι αυτή που περιγράφεται από την ευκλείδεια γεωμετρία μια και είναι αυτή που συμφωνεί με τις αισθήσεις μας. Το μαθηματικό αυτό οικοδόμημα όμως στηρίζεται σε κάποια αξιώματα, που ως αξιώματα είναι αυταπόδεικτα. Τα αξιώματα της γεωμετρίας είναι παραδοχές που κάνουμε για να οικοδομήσουμε πάνω σε αυτά όλους τους κανόνες που περιγράφουν τον χώρο και τον οποίον οι μαθηματικές αποδείξεις ανάγονται σε τελικό επίπεδο μέχρι αυτά τα αξιώματα.

Η ευκλείδεια γεωμετρία περιγράφει πολύ καλά τον επίπεδο χώρο στον οποίο όπως ξέρουμε η συντομότερη διαδρομή μεταξύ δυο σημείων είναι η ευθεία. Μπορούμε ίσως να καταλάβουμε πώς σε κάποιους χώρους η ευκλείδεια γεωμετρία χάνει την ισχύ της αν σκεφτούμε πως ενώνονται δυο σημεία πάνω σε μια σφαίρα. Η συντομότερη διαδρομή τώρα δεν είναι ευθεία ή καλύτερα δεν υπάρχει η ευκλείδεια έννοια της ευθείας.

Να σημειώσουμε ακόμα ότι η έννοια του χώρου δεν πρέπει να συγχέεται με αυτή της διάστασης. Ο χώρος που αντιλαμβανόμαστε είναι τριών διαστάσεων αλλά ένα σύνολο μαθηματικών κανόνων μπορεί να περιγράψει χώρους οσωνδήποτε διαστάσεων. Η ευκλείδεια γεωμετρία δηλαδή δίνει τις μαθηματικές σχέσεις και για χώρους με περισσότερες διαστάσεις

Αν τώρα δεχθούμε κάποια άλλα αξιώματα μπορούμε να οικοδομήσουμε μια νέα γεωμετρία που να περιγράφει τους χώρους, η οποία θα είναι συνεπής ως προς τα αξιώματα της. Με βάση τα αξιώματα αυτά φτιάχνουμε τους κανόνες των ιδιοτήτων του χώρου. Μια τέτοια γεωμετρία είναι αυτή του Riemann στην οποία αντίθετα με την ευκλείδεια «από ένα σημείο εκτός ευθείας δεν είναι δυνατόν να αχθεί καμία ευθεία παράλληλη προς αυτήν» και επιπλέον, δεν

ισχύει το ευκλείδειο αξίωμα ότι υπάρχει μόνο μια ευθεία που συνδέει δυο σημεία.

Το αξιοσημείωτο της γεωμετρίας του Reimman που οικοδομείται από τα παραπάνω είναι ότι μια οριακή περίπτωση του ρειμάνειου χώρου είναι ευκλείδειος. Αυτό είναι σημαντικό για τον τρόπο με τον οποίο αποκτάμε αντίληψη του χώρου ως ευκλείδειου τρισδιάστατου, σε ένα κόσμο που στην πραγματικότητα είναι τετραδιάστατος και περιγράφεται από την ρειμάνεια γεωμετρία όπως μας λέει η Γενική θεωρία της σχετικότητας.

Η γεωμετρία λοιπόν του χώρου της Γενικής θεωρίας της σχετικότητας είναι η γεωμετρία Reimman για τέσσερις διαστάσεις. Οι διαστάσεις αυτές είναι μήκος, πλάτος, ύψος και χρόνος, “σφιχτά” συγκροτημένες και αδιαχώριστες όπως είδαμε και προηγουμένως στην Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας. Ο χρόνος εδώ δεν είναι αυτός που αντιλαμβανόμαστε αλλά μια διάσταση όμοια με τις άλλες.

Ο χωρόχρονος της Γενικής θεωρίας της σχετικότητας που περιγράφεται από την ρειμάνεια γεωμετρία είναι το σύνολο μέσα στο οποίο εξελίσσονται τα φυσικά φαινόμενα. Η ιδιαιτερότητά του είναι ότι οι γεωμετρικές του ιδιότητες εξαρτώνται από την ποσότητα της ύλης που υπάρχει στα διάφορα σημεία του τετραδιάστατου αυτού χώρου.

Βλέπουμε ότι η βαρύτητα ως ιδιότητα της ύλης παρουσιάζεται με μια νέα μορφή αφού και αυτή η ίδια η ύλη είναι αλληλένδετη με το “χώρο” στον οποίο υπάρχει. Η βαρύτητα δεν είναι μια δύναμη που ασκείται ανάμεσα στα διάφορα υλικά σώματα του σύμπαντος αλλά μια γεωμετρική ιδιότητα του ιδίου του σύμπαντος.

Αντίθετα με την Νευτώνεια θεώρηση της ύλης ως σύμπλεγμα αναλλοίωτων δομικών στοιχείων, στη Γενική θεωρία της σχετικότητας η ύλη είναι πύκνωμα ενεργειακού ρεύματος και ως τέτοιο είναι φορέας των εκδηλώσεων της βαρύτητας. Ύλη και ενέργεια δεν διαχωρίζονται. Όπου υπάρχει ένα ενεργειακό “δυναμικό” υπάρχει και η ύλη. Εφόσον η ύλη καθορίζει τις γεωμετρικές ιδιότητες του πεδίου είναι και αυτή μια ιδιομορφία του πεδίου. Τα “έσχατα” συστατικά της ύλης δεν είναι κάτι απτό αλλά μια ενότητα “σωματιδιακών” και πεδιακών δυνάμεων. Δεν μπορεί η ύλη να εντοπιστεί

απομονωμένα και με την κλασσική της έννοια γιατί αν βρεθεί έξω από το “χώρο” της θα έχει χάσει ουσιαστικά στοιχεία της υπόστασής της.

Διαπιστώνουμε ότι στη Γενική θεωρία της σχετικότητας όλα είναι γεωμετρία. Ύλη, ενέργεια, χώρος συμπλέκονται καθορίζοντας τη δομή του πεδίου που προσδιορίζει τη δυναμική και τις κινήσεις αυτών που αντιλαμβανόμαστε σαν αντικείμενα. Σ’ αυτό το πλαίσιο η ένταση του δυναμικού βαρύτητας επιδρά άμεσα στη ταχύτητα ροής του χρόνου αφού αυτός δεν είναι παρά μια διάσταση και ως εκ τούτου συμμετοχος στις αλληλεπιδράσεις.

Ας δούμε, το χρόνο σε κοσμολογικό επίπεδο, όπου η Γενική θεωρία της σχετικότητας αποτελεί την καλύτερη περιγραφή μιας και η βαρύτητα είναι η κυριότερη δύναμη. Οι φυσικοί υιοθετούν μοντέλα για την περιγραφή του σύμπαντος. και αυτό με την ευρύτερη αποδοχή είναι το μοντέλο της μεγάλης έκρηξης. Μέσα σ’ αυτό επικρατεί ένας “κοσμολογικός” χρόνος που σχετίζεται με την διαστολή του σύμπαντος. Ο χρόνος αυτός είναι οικουμενικός υπό την έννοια ότι δυο παρατηρητές που δεν υπόκεινται σε αμοιβαίες βαρυτικές επιδράσεις και δεν επιταχύνονται μπορούν να συγχρονίσουν τα ρολόγια τους και αυτά να μείνουν συγχρονισμένα κατά την διάρκεια της κοσμικής εξέλιξης. Επιπλέον αυτός ο χρόνος έχει φορά κάτι που μας επιτρέπει να αναπλάσουμε την ιστορία του σύμπαντος. Υπάρχει όμως μια πολύ σημαντική διαφορά με το χρόνο του Νεύτωνα. Ο κοσμολογικός χρόνος δεν μπορεί να καθοριστεί εκ των προτέρων, αφού οι ιδιότητες του καθορίζονται από το περιεχόμενο του ίδιου το σύμπαντος. Επίσης, αφού εξαρτάται από το μοντέλο που επιλέγουμε δε μπορεί σε καμία περίπτωση να είναι απόλυτος. Υφίσταται έτσι ο προβληματισμός αν αυτός ο χρόνος είναι πραγματικός ή απλά μια σύμβαση που μας επιτρέπει να επεξεργαστούμε τις σχέσεις ανάμεσα στα φαινόμενα.

Έπειτα σε κοσμολογικό επίπεδο, η αρχή του χρόνου ταυτίζεται με την αρχή του σύμπαντος και εφόσον η δημιουργία του σύμπαντος εξελίσσεται μέσα σε ένα χωροχρονικό πλαίσιο, στο οποίο ο χρόνος είναι συμμετοχος, δεν έχει νόημα να μιλάμε για τον χρόνο απομονωμένα. Όπως δεν έχει νόημα να μιλάμε για τον χρόνο πριν την δημιουργία του σύμπαντος.

Αυτό που διαφαίνεται όμως πιο έντονα είναι ότι η συνεχής αναγωγική ανάλυση μας φέρνει σε αδιέξοδο αφού πρέπει να αναφερθούμε σε καταστάσεις του σύμπαντος, όπου οι νόμοι της φυσικής όπως τους ξέρουμε

σήμερα θα συγκρούονται μεταξύ τους λόγω των απείρως μικρών χωρικών και χρονικών κλιμάκων. Διότι όταν αναφερόμαστε στη “νηπιακή” ηλικία ολόκληρου του σύμπαντος οι φυσικοί νόμοι καταρρέουν.

Όταν μιλάμε για την αρχή του χρόνου με την χρονολογική σημασία έχουμε ήδη φέρει τον χρόνο στα μέτρα μας και τον έχουμε αποσπάσει από το πλαίσió του. Όταν πάλι χρησιμοποιούμε τον χρόνο επεξηγηματικά αναγόμεντες σε καταστάσεις για τις οποίες μόνο εικασίες μπορούμε να κάνουμε.

Όσον αφορά τώρα την αρχή της αιτιότητας, στη γενική σχετικότητα αντίθετα με την ειδική, μπορούμε να βρούμε ένα τρόπο εξερεύνησης του παρελθόντος χωρίς να παραβιάσουμε την ταχύτητα του φωτός. Αυτό σχετίζεται με κάποιες ιδιομορφίες του χωρόχρονου, ιδιαίτερα τις μαύρες τρύπες σε περιστροφή. Γενικά η αιτιότητα μπορεί να παραβιαστεί αφού μπορούμε να βρούμε μια χωροχρονική γραμμή του σύμπαντος που κλείνει επιστρέφοντας στην εκκίνηση. Έχουμε έτσι έναν “χρονικό” κύκλο. Επειδή όμως αυτά στηρίζονται στις ιδιομορφίες του χωρόχρονου, ως τέτοια δεν μπορούμε να τα περιγράψουμε επακριβώς.

Σαν συμπέρασμα θα λέγαμε ότι μια θεωρία που περιγράφει τη συμπαντική δομή, όπως η Γενική θεωρία της σχετικότητας, θα περιμέναμε να μας δίνει απαντήσεις για όσα μας απασχολούν, αφού το σύμπαν είναι η ευρύτερη ενότητα που μπορούμε να σκεφτούμε και περιέχει τα πάντα. Δεν παίρνουμε όμως τις απαντήσεις που θέλουμε αφού πολλά στοιχεία μας διαφεύγουν ειδικά σε αυτή τη θεωρία που ξεπερνά τις ανθρώπινες αισθητηριακές ικανότητες και μόνο η νόηση μπορεί κάπως να την προσεγγίσει. Αυτό που πρέπει να γίνει σαφές είναι ότι ο χρόνος και ο χώρος όπως τον αντιλαμβανόμαστε είναι μόνο μια έκφανση του “πραγματικού” που παρουσιάζεται σ’ εμάς λόγω των τομών που κάνουμε στο χωρόχρονο με τις “πεπερασμένες” αισθήσεις μας.

Στο κόσμο της Γενικής θεωρίας της σχετικότητας όλα ανάγονται σε μια γεωμετρική περιγραφή που περιλαμβάνει όσα εμείς κατατάσσουμε ως διαφορετικά, δηλαδή χώρο, χρόνο, ύλη, ενέργεια κλπ. για να τα φέρουμε στα μέτρα της ανθρώπινης κατανόησης.

Ο χρόνος στην κβαντική φυσική

Θα περάσουμε τώρα στην περίπτωση της κβαντικής φυσικής, ενός τομέα συνομήλικου της σχετικότητας, που αναπτύχθηκε προκειμένου να εξηγήσει σωστά τη συμπεριφορά των ατόμων και ειδικά τις αλληλεπιδράσεις ύλης-φωτός, για να δούμε και σ' αυτή την περίπτωση πώς αντιμετωπίζεται το πρόβλημα του χρόνου.

Στην κβαντική φυσική για την περιγραφή ενός συστήματος χρησιμοποιούμε έναν ιδιαίτερο μαθηματικό φορμαλισμό. Θα μπορούσαμε εδώ να τον συνοψίσουμε στο μαθηματικό αντικείμενο που καλείται κυματοσυνάρτηση και είναι ένα σύνολο όρων που αντιστοιχούν στις πιθανές τιμές (αξίες) της φυσικής ιδιότητας που μας ενδιαφέρει. Η περιγραφή ενός συστήματος μέσω ενός συνόλου καταστάσεων μας παραπέμπει στην αρχή της επαλληλίας, σύμφωνα με την οποία δύο οποιεσδήποτε καταστάσεις ενός φυσικού συστήματος μπορούν να προστίθενται ώστε να δώσουν μια καινούργια εξίσου αποδεκτή κατάσταση για το σύστημα.

Το παράδοξο στη θεωρία αυτή προκύπτει από τη διαδικασία της μέτρησης. Αν λοιπόν, κάνουμε μια μέτρηση στο σύστημα προκειμένου να βρούμε την τιμή της φυσικής ιδιότητας που μας ενδιαφέρει, η κυματοσυνάρτηση αυτομάτως τροποποιείται. Από το σύνολο των όρων που περιγράφει, ένας μόνο διασώζεται και μας δίνει τη ζητούμενη τιμή. Η τιμή αυτή βέβαια δεν μπορεί να προβλεφθεί αφού η κυματοσυνάρτηση περιέχει πολλούς όρους και επομένως προσδιορίζει μόνο πιθανότητες. Η βεβαιότητα προέρχεται από τη μέτρηση. Όμως, η μέτρηση είναι μία διαδικασία του πειραματικού φυσικού και κατά συνέπεια είναι «εξωθεωρητική», δεν περιγράφεται από το φορμαλισμό της ίδιας της θεωρίας. Κατά την παραπάνω διαδικασία, λοιπόν, ο άνθρωπος επεμβαίνει σε ένα φυσικό σύστημα και καταστρέφει την «νόμιμη» (μαθηματική) περιγραφή για να πάρει αυτό που ζητά, δηλαδή, την τιμή της φυσικής ιδιότητας ή διαφορετικά, η περιγραφή ισχύει εως ότου κάποιος επέμβει στο σύστημα.

Ας δούμε, όμως, πιο συγκεκριμένα το ζήτημα του χρόνου μέσα στην κβαντική θεωρία. Στο μαθηματικό φορμαλισμό και συγκεκριμένα στην εξίσωση του Shrodinger, η οποία μας επιτρέπει να υπολογίσουμε τη χρονική εξέλιξη της

κυματοσυνάρτησης ενός στοιχειώδους σωματιδίου, ο χρόνος ως μεταβλητή δεν διαφέρει από τον νευτώνειο χρόνο. Αυτό συμβαίνει γιατί η εξίσωση αυτή και αντιστρέψιμη είναι και αιτιοκρατική. Κατά αυτό τον τρόπο η μεταβλητή του χρόνου μετέχει εξίσου αποτελεσματικά ως προς την περιγραφή ακόμα και όταν θέλουμε να αναπαραστήσουμε τη χρονικά αντίθετη (με φορά προς το παρελθόν) διαδικασία.

Είδαμε, όμως, παραπάνω ότι η κβαντική θεωρία εκτός του μαθηματικού φορμαλισμού κάνει χρήση και μίας πολύ ιδιαίτερης θεωρίας για τη μέτρηση. Η μαθηματική περιγραφή δίνει τις πιθανότητες και η μέτρηση δίνει τη βεβαιότητα, μία μόνο τιμή, δηλαδή, απ τις πιθανές. Κατά αυτό τον τρόπο, όμως, η μέτρηση «ανακόπτει» το μέλλον του συστήματος και παράγει μία ασυμμετρία με το παρελθόν, αφού «στιγματίζει» το σύστημα με την επιλογή μίας από όλες τις πιθανές τιμές.

Πως συμβιβάζεται λοιπόν, η έννοια του χρόνου, που ως μεταβλητή μετέχει στην απόλυτα αντιστρεπτή εξίσωση του Shrodinger, με την ασυμμετρία που δημιουργεί η μέτρηση στο σύστημα; Αν λοιπόν, ο χρόνος προσδιορίζεται μέσα από την έννοια της «ιστορίας» που προκαλεί η μη αντιστρεψιμότητα (ασυμμετρία των γεγονότων), αυτός ο χρόνος είναι διαφορετικός από το χρόνο που παρουσιάζεται ως μεταβλητή. Από την άλλη, αυτή η μη αντιστρεψιμότητα που προσδιορίζει ένα χρονικό βέλος δεν πείθει εντελώς, εφόσον φαίνεται να έχει βάλει το χέρι του ο άνθρωπος.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα περί αντιστρεψιμότητας και μη μπορούμε να δούμε αν αντιστρέψουμε μαθηματικά τη φορά ροής του χρόνου. Αφού η εξίσωση του Shrodinger είναι αντιστρέψιμη, το σύστημα θα εξελίσσεται όπως και το αρχικό αλλά προς το παρελθόν, έως ότου επέλθει η μέτρηση. Τότε το σύστημα θα διαλέξει ένα παρελθόν, όπως στην αρχική διαδικασία θα διάλεγε ένα πιθανό μέλλον. Το επιλεγόμενο παρελθόν δεν είναι κατά ανάγκη «αληθινό» παρελθόν του συστήματος. Άρα, η μη αντιστρεψιμότητα θα υπάρξει σε αυτό το σύστημα με την παρελθούσα ροή, αλλά η διαδικασία αυτή τότε δεν θα είναι η αντίστροφη της αρχικής. Παρουσιάζεται λοιπόν, η μη αντιστρεψιμότητα, λόγω της δυνατότητας χρονικής αντιστροφής της εξίσωσης του Shrodinger. Καταλαβαίνουμε λοιπόν, ότι το ζήτημα του χρόνου στην κβαντική θεωρία δεν βρίσκει απάντηση, αλλά, αντίθετα, περιπλέκεται περισσότερο λόγω της ιδιαιτερότητας της μέτρησης.

Το χρονικό βέλος που καθορίζεται από την ασυμμετρία που προκαλεί η μετρητική διαδικασία δεν δικαιολογείται από τη μορφή της μεταβλητής του χρόνου στο μαθηματικό φορμαλισμό. Επιπλέον, η μέτρηση είναι μία «σκοτεινή», ως προς την ερμηνεία της, διαδικασία στην κβαντική φυσική. Από την άλλη, η κβαντική θεωρία έχει προσφέρει σημαντικές λύσεις και ερμηνείες για τα φαινόμενα που επεξεργάζεται, και στα οποία άλλες θεωρίες έχουν αποτύχει. Ο χρόνος, όμως, ως προς την ουσία του παραλείπεται και από αυτή τη θεωρία και υπάρχει απλώς σαν μεταβλητή στις εξισώσεις.

Ίσως, μία μορφή ενοποίησης των πιο πετυχημένων φυσικών θεωριών δώσει τη λύση στο πρόβλημα της κατανόησης της ουσίας του χρόνου. Εξάλλου, υπάρχει ένα επιχείρημα που προκύπτει από την ανάλυση των μεγεθών που δείχνει κλίμακες χώρου και χρόνου οριακές για τα πεδία δράσης της κάθε θεωρίας. Πιο συγκεκριμένα, σημειώνουμε ότι υπάρχουν στη φυσική παγκόσμιες σταθερές, δηλαδή σταθερές που παραμένουν ίδιες παντού στο χώρο και το χρόνο. Αυτές είναι: η σταθερά της βαρύτητας, G , με τιμή $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$, η ταχύτητα του φωτός c με τιμή $299.792.458 \text{ m s}^{-1}$ και η κβαντικής φύσης σταθερά του Planck h με τιμή $6,622 \cdot 10^{-34} \text{ Joule s}^{-1}$. Αν αυτές συνδυαστούν κατάλληλα $(G h / c^5)^{1/2}$ μας δίνουν μία μονάδα χρόνου της τάξης των 10^{-43} δευτερολέπτων. Από εκεί και πέρα πολλαπλασιάζοντας με c βρίσκουμε μία μονάδα μήκους $(G h / c^3)^{1/2}$ με τιμή της τάξης των 10^{-35} μέτρων. Για μικρότερες αποστάσεις και χρόνους (όπως στο πρώιμο σύμπαν), ο χώρος και ο χρόνος θα εμφανίζουν ιδιότητες που δεν μπορούμε να περιγράψουμε, ίσως ούτε καν να φανταστούμε. Βέβαια, όλα αυτά είναι υποθέσεις που δεν μπορούμε να ελέγξουμε, αλλά η ακλόνητη σταθερότητα των G , h και c που μετέχουν στις βασικότερες εξισώσεις των πιο πετυχημένων φυσικών θεωριών μας δίνει ένα ενθαρρυντικό σημάδι για τη διερεύνηση της ουσίας του χρόνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ

Εισαγωγή

Ο αιώνας της πληροφορίας έχει χαρακτηριστεί ο αιώνας μας ,όπου νέες τεχνολογίες για τη διάδοση της χρήσης της πληροφορίας , εμφανίζονται διαρκώς , ως προϊόντα της τεράστιας βιομηχανίας υπολογιστικών συστημάτων ,η ίδια η πληροφορία ως έννοια τείνει να χάσει το ευρύ νόημα της , αφού περιχαράκωνεται σε ειδικά πεδία που έχουν αναλάβει την «κηδεμονία» της .

Η πληροφορία είναι μία έννοια που είναι αρκετά δύσκολό να αποδοθεί νοηματικά σε λίγες γραμμές . Θα λέγαμε ότι οποιαδήποτε διεργασία στο σύμπαν ανεξάρτητα από το αν είναι αισθητή (πρόβλημα του δέκτη) περιέχει πληροφορία . Η κίνηση ενός στοιχειώδους σωματιδίου είναι πληροφορία. Ένα απλό ερέθισμα όπως π.χ. μια οσμή μεταφέρει πληροφορία στο άτομο . Μια είδηση των ΜΜΕ είναι μια πληροφορία για το κοινωνικό σύνολο. Η πληροφορία « υπάρχει» στο χώρο και η σύλληψη και η διαχείριση της είναι οι παράμετροι που διαμορφώνουν κανόνες και συμπεριφορές τόσο σε επίπεδο υλικών σωμάτων όσο και σε ατομικό και κοινωνικό επίπεδο .

Σε αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την πληροφορία περιγράφοντας αρχικά τις διαδικασίες διάδοσής της με τεχνικούς όρους για να φανεί πως μπορούμε να κατατάξουμε ποσοτικά το μήνυμα που εμφανίζεται ως «χρήσιμο» δηλαδή ως πληροφορία .Θα δούμε έτσι το ρόλο του μέσου ,του φορέα και του χρόνου διάδοσης της πληροφορίας .

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τους όρους αυτούς μέσα σε ένα ευρύτερο φυσικό πλαίσιο με σκοπό να δείξουμε τα προβλήματα που παρουσιάζονται από τον κατακερματισμό της όλης διαδικασίας .

Εξάλλου η πληροφορία μεταφέρεται από φυσική διαδικασία και όλοι οι μετέχοντες στην διαδικασία (Μέσο, Φορέας ,κλπ) συζευγνύονται ενεργειακά κάνοντας δυσδιάκριτο το διαχωρισμό ανάμεσα στη καθεαυτό πληροφορία και το χωροχρόνο στον οποίο διαδίδεται .

Πληροφορία και Επικοινωνία (μια περιγραφή με τεχνικούς όρους)

Σε ένα πλήθος φαινομένων το παρατηρούμενο μέγεθος είναι μια αριθμητική ποσότητα ή μια ακολουθία αριθμητικών ποσοτήτων κατανεμημένη εν χρόνω , δηλαδή μια χρονοσειρά . Οι χρονοσειρές αυτές μεταβάλλονται με τέτοια ταχύτητα ώστε να προσφέρονται για μελέτη που θα περιλαμβάνει υπολογισμούς με τα συνήθη αριθμητικά εργαλεία όπως για παράδειγμα οι υπολογιστικές μηχανές. Δηλαδή, οι χρονοσειρές και οι συσκευές που προορίζονται για αυτές ασχολούνται με την καταγραφή , διατήρηση , μετάδοση και χρησιμοποίηση της πληροφορίας .

Στην ερώτηση τι είναι πληροφορία και πως μπορούμε να την μετρήσουμε θα απαντούσαμε ότι σε στοιχειώδες επίπεδο μια απλή μορφή πληροφορίας είναι η καταγραφή μιας εκλογής μεταξύ δυο ισοπίθανων απλών παραλλαγών , από τις οποίες η μία συμβαίνει κατ' ανάγκην .

Ένα τέτοιο παράδειγμά είναι η εκλογή μεταξύ των ενδεχομένων κορώνα – γράμματα στην ρίψη ενός νομίσματος .Αυτή η απλή εκλογή καλείται απόφαση .Αν τώρα ζητήσουμε το ποσό πληροφορίας που απαιτείται για την απολύτως ακριβή μέτρηση μίας ποσότητας ,όταν ξέρουμε ότι παίρνει τιμές μεταξύ A και B και ότι μπορεί με ομογενή , εκ των προτέρων πιθανότητα να παίρνει τιμές σε οποιοδήποτε σημείο αυτής της περιοχής , θα δούμε ότι αν θέσουμε $A = 0$ και $B = 1$ και εκφράσουμε την ποσότητα στο δυαδικό σύστημα με τον απέραντο δυαδικό αριθμό $\alpha_1\alpha_2...\alpha_n$ όπου κάθε $\alpha_1, \alpha_2, \dots$, έχει τιμή 0 ή 1 τότε ο αριθμός των δυνατών εκλογών και το συνεπαγόμενο ποσό πληροφορίας είναι **άπειρο** .Στην προκειμένη περίπτωση $\alpha_1\alpha_2...\alpha_n... = \frac{1}{2} \alpha_1 + \frac{1}{2^2} \alpha_2 + \dots + \frac{1}{2^n} \alpha_n + \dots$.

Πάντως καμία από τις μετρήσεις που κάνουμε στη πράξη δεν εκτελείται με τέλεια ακρίβεια .Έτσι αν η μέτρηση συνεπάγεται ένα σφάλμα με ομογενή κατανομή σε διάστημα μήκους $\beta_1\beta_2...\beta_n...$ όπου β_k είναι το πρώτο μη ίσο προς μηδέν ψηφίο, θα δούμε ότι όλες οι αποφάσεις από α_1 έως α_{k-1} είναι σημαντικές , ενώ όλες οι μετέπειτα δεν είναι . Ο αριθμός των αποφάσεων που γίνονται λοιπόν προσεγγίζονται με την ποσότητα $-\log_2 \beta_1\beta_2...\beta_n...$

Αυτήν την ποσότητα θα πάρουμε σαν ακριβή τύπο του ποσού πληροφορίας και του ορισμού του.

Τα παραπάνω γίνονται πιο κατανοητά ως εξής : αν έχω εκ των προτέρων γνωστό ότι μια μεταβλητή βρίσκεται μεταξύ 0 και 1 και μετά βρίσκω ότι είναι στο διάστημα (α , β) εσωτερικό του (0 , 1) , τότε το ποσό πληροφορίας που έχουμε από την εκ των υστέρων γνώση μας είναι

$$-\log_2[\text{μέτρο}(a,b)/\text{μέτρο}(0,1)]$$

Στην περίπτωση τώρα που γνωρίζουμε ότι η πιθανότητα να βρίσκεται μια ποσότητα μεταξύ x και $x+dx$ είναι $f_1(x) dx$ και στη συνέχεια βρίσκουμε πιθανότητα $f_2(x) dx$, το πρόβλημα βασικά είναι ο υπολογισμός του εμβαδού υπό τις καμπύλες $y = f_1(x)$ και $y = f_2(x)$. Εδώ βέβαια, έχουμε υποθέσει ότι η μεταβλητή έχει μια θεμελιώδη ισοκατανομή, ότι δηλαδή τα αποτελέσματα θα είναι γενικώς διαφορετικά αν αντικαταστήσουμε το x με οποιαδήποτε άλλη συνάρτηση του x . Εφόσον τώρα η $f_1(x)$ παριστά συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας θα έχουμε με κανονικοποίηση

$\int_{-\infty}^{+\infty} f_1(x) dx = 1$ και έτσι, ο μέσος λογάριθμος του εύρους της περιοχής υπό την $f_1(x)$ μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα είδος μέσου του ύψους του λογάριθμου της αντίστροφης της $f_1(x)$. Συνεπώς, η

$\int_{-\infty}^{+\infty} \{\log_2 f_1(x)\} f_1(x) dx$ μπορεί να ληφθεί σα λογικό μέτρο του ποσού πληροφορίας που συνδέεται με την καμπύλη $f_1(x)$. Σημαντικό είναι ότι η ποσότητα την οποία εδώ ορίσαμε ως ποσό πληροφορίας είναι το αρνητικό της ποσότητας που συνήθως ορίζεται σαν εντροπία.

Ακόμα, ο ορισμός τον οποίο δώσαμε για το ποσό πληροφορίας μπορεί να εφαρμοστεί και όταν η μεταβλητή x αντικατασταθεί από μεταβλητή που παίρνει τιμές σε δύο ή περισσότερες διαστάσεις. Στη διδιάστατη περίπτωση η $f_1(x,y)$ είναι συνάρτηση τέτοια ώστε

$$\int_{-\infty}^{+\infty} dx \int_{-\infty}^{+\infty} dy f_1(x,y) = 1 \quad \text{και το ποσό πληροφορίας είναι}$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} dx \int_{-\infty}^{+\infty} dy f_1(x,y) \log_2 f_1(x,y)$$

Αν φέρουμε τώρα την $f_1(x,y)$ σε κατάλληλη μαθηματική μορφή, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι το ποσό πληροφορίας που λαμβάνεται από ανεξάρτητες πηγές είναι αθροίσιμο.

Ένα πρόβλημα που έχει ενδιαφέρον να μελετήσουμε είναι ο υπολογισμός της πληροφορίας που κερδίζουμε όταν διατηρούμε σταθερή μία ή περισσότερες μεταβλητές του προβλήματος. Αν υποθέσουμε ότι η μεταβλητή u βρίσκεται μεταξύ x και dx με πιθανότητα $\exp(-x^2/2a)dx / \sqrt{2\pi a}$, ενώ η μεταβλητή v βρίσκεται μεταξύ x και dx με πιθανότητα $\exp(-x^2/2b)dx / \sqrt{2\pi b}$, η πληροφορία που κερδίζουμε ξέροντας ότι $u+v = w$ είναι προφανές ότι είναι $u = w-v$, όπου το w είναι σταθερό. Υποθέτουμε ότι οι κατανομές των u και w είναι ανεξάρτητες. Τότε βρίσκουμε ότι η κατανομή του u είναι ανάλογη προς $\exp(-x^2/2a) \exp\{-(w-x)^2 / 2b\} = c_1 \exp\{-(x-c_2)^2 / ((a+b)/2ab)\}$, όπου c_1 και c_2 σταθερές.

Η επιπλέον σχετική με το x πληροφορία, όταν ξέρουμε ότι το w δίνεται εκ των προτέρων, τελικά προκύπτει ίση με $1/2 \log_2\{(a+b)/b\}$, η οποία είναι ποσότητα θετική και ανεξάρτητη από το w . Είναι το μισό του λογαρίθμου του λόγου του αθροίσματος των τετραγωνικών μέσων των u και v , προς τον τετραγωνικό μέσο του v . Αν το v παρουσιάζει μικρή διακύμανση, το σχετικό με το u ποσό πληροφορίας που προκύπτει όταν ξέρουμε το $u+v$ είναι μεγάλο και γίνεται άπειρο όταν το b τείνει στο μηδέν.

Το πρόβλημα είναι πολύ ενδιαφέρον γιατί μπορούμε να θεωρήσουμε το u ως μήνυμα και το v ως θόρυβο. Στη μηχανολογία επικοινωνιών η λύση του προβλήματος μας παρέχει την ικανότητα να εκτιμήσουμε διάφορα συστήματα, όπως η διαμόρφωση πλάτους ή συχνότητας ή φάσης όσον αφορά την αποδοτικότητά τους κατά τη μετάδοση πληροφορίας. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η πληροφορία που μεταφέρει ένα ακριβές μήνυμα (το θεωρούμενο u), απουσία θορύβου (θεωρούμενο v) είναι άπειρη. Παρουσία θορύβου το ποσό πληροφορίας είναι πεπερασμένο και τείνει γρήγορα προς το μηδέν, όσο ο θόρυβος αυξάνει σε ένταση.

Ιδωμένο από τη σκοπιά της φυσικής, το πρόβλημα μήνυμα - θόρυβος είναι ακόμα πιο σημαντικό γιατί είναι ένα πρόβλημα αρχών. Πως διαχωρίζουμε μαθηματικά δύο ποσότητες που έχουν την ίδια φυσική υπόσταση; Και τι σημαίνει ότι η πληροφορία απουσία θορύβου είναι άπειρη; Είναι σαφές ότι το μήνυμα χρειάζεται το θόρυβο για να μεταδοθεί, αφού ως προς τη φύση τους

είναι όμοια πράγματα. Κρατώντας αυτόν τον προβληματισμό υπόψη μας προχωράμε παρακάτω.

Είπαμε προηγουμένως ότι το ποσό πληροφορίας το οποίο είναι ο αρνητικός λογάριθμος μιας ποσότητας που μπορεί να θεωρηθεί σαν πιθανότητα είναι ουσιαστικά αρνητική εντροπία. Χρησιμοποιώντας τις μαθηματικές ιδιότητες αυτών που ορίσαμε παραπάνω, μπορούμε να αποδείξουμε ότι έχει τις ίδιες ιδιότητες που αποδίδουμε στην εντροπία. Οι διαδικασίες δηλαδή που χάνουν πληροφορία είναι ανάλογες προς τις διαδικασίες που κερδίζουν εντροπία. Προκύπτουν από την ένωση χώρων πιθανότητας οι οποίοι αρχικά ήταν διακεκριμένοι. Αν για παράδειγμα, αντικαταστήσουμε την κατανομή τυχούσας μεταβλητής με την κατανομή μιας συνάρτησης της μεταβλητής αυτής ή αν σε μια συνάρτηση πολλών μεταβλητών επιτρέψουμε σε μερικές από αυτές να παίρνουν αδέσμευτα τιμές στο φυσικό πεδίο ορισμού τους, χάνουμε πληροφορία. Δε μπορούμε να επέμβουμε στο μήνυμα και να κερδίσουμε επιπλέον πληροφορία κατά μέσο όρο. Αυτό είναι μια ακριβής εφαρμογή του δεύτερου θερμοδυναμικού νόμου στη μηχανολογία επικοινωνιών. Αντίστροφα, όσο ακριβέστερα καθορίζουμε μια αμφίβολη κατάσταση, κατά μέσο όρο, θα κερδίζουμε πληροφορία και ποτέ δε θα χάνουμε.

Όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, αφορούν τον ορισμό και την τεχνική μέτρησης της πληροφορίας. Θα δούμε τώρα τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να αναπαραστήσουμε την πληροφορία με μορφή χρονικά ομογενή για να καταλάβουμε το ρόλο του φορέα. Αυτό γίνεται με την πράξη της διαμόρφωσης. Στην πιο απλή της μορφή, μετατρέπει ένα μήνυμα $f(t)$ σε ένα της μορφής $f(t)\sin(at+b)$. Αν θεωρήσουμε τον παράγοντα $\sin(at+b)$ σαν επιπλέον μήνυμα, η κατάσταση θα υπάγεται στη γενική διατύπωση. Αυτό το επιπλέον μήνυμα ονομάζεται φορέας και δεν προσθέτει τίποτα στην ταχύτητα με την οποία το σύστημα μεταδίδει πληροφορία. Όλη η πληροφορία την οποία περιέχει μεταδίδεται μέσα σε ένα αυθαίρετα μικρό χρονικό διάστημα. Ο φορέας ουσιαστικά είναι ένα μέσο μεταφοράς του μηνύματος. Βλέπουμε ότι μαθηματικά εκφράζεται απλά σαν μια χρονική συνάρτηση. Σε φυσικούς όρους, δε διαφέρει κι αυτός από το μήνυμα. Θα μπορούσε κι ο ίδιος ο φορέας να αποτελεί μήνυμα, στοιχείο που θα πρέπει επίσης να κρατήσουμε υπόψη μας για το δεύτερο μέρος του κεφαλαίου αυτού.

Τώρα, ένα μήνυμα χρονικά ομογενές, μια χρονοσειρά, που βρίσκεται σε στατιστική ισορροπία είναι μια μοναδική συνάρτηση ή ένα σύνολο συναρτήσεων του χρόνου. Αυτή, μέσα από μια συλλογή τέτοιων συνόλων, σχηματίζει ένα σύνολο με καλώς ορισμένη κατανομή πιθανότητας η οποία παραμένει αναλλοίωτη κατά την αλλαγή του t σε $t+\tau$. Δηλαδή, η ομάδα μετασχηματισμών που αποτελείται από τους τελεστές T^λ που μετασχηματίζουν την $f(t)$ σε $f(t+\lambda)$ διατηρεί την πιθανότητα της συλλογής αναλλοίωτη. Η ομάδα ικανοποιεί τις ιδιότητες: $T^\lambda \{T^\mu f(t)\} = T^{\mu+\lambda} f(t)$, όπου $(-\infty < \lambda, \mu < +\infty)$. Έτσι, αν $\Phi\{f(t)\}$ είναι ένας αριθμός εξαρτώμενος από τη συνολική εξέλιξη της $f(t)$ και η μέση τιμή της $f(t)$ επί όλης της συλλογής είναι πεπερασμένη, μπορούμε χρησιμοποιώντας το εργοδικό θεώρημα να συμπεράνουμε ότι εκτός από ένα σύνολο τιμών της $f(t)$ με πιθανότητα μηδέν, ο χρονικός μέσος της $\Phi\{f(t)\}$ υπάρχει. Τώρα, για κάθε στοιχείο συστήματος που ανήκει σε ομάδα μετασχηματισμών που διατηρούν το μέτρο, όπως η παραπάνω, μπορούμε να βρούμε ότι ο χρονικός μέσος, σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις, είναι ο μέσος της $\Phi\{f(t)\}$ σε όλο το χώρο των συναρτήσεων $f(t)$ και ονομάζεται φασικός μέσος. Έτσι, στην περίπτωση μιας τέτοιας συλλογής συναρτήσεων $f(t)$, και εκτός από ένα σύνολο περιπτώσεων με μηδενική πιθανότητα, μπορούμε να υπολογίσουμε το μέσο τυχούσας στατιστικής παραμέτρου του συνόλου από την καταγραφή μιας οποιασδήποτε από τις συνιστώσες χρονοσειρές, χρησιμοποιώντας ένα χρονικό μέσο αντί ενός φασικού μέσου. Για αυτό χρειάζεται να γνωρίζουμε το παρελθόν σχεδόν όλων των χρονοσειρών της κλάσης.

Στο προηγούμενο, όμως, κεφάλαιο είδαμε πόσο λεπτό είναι το ζήτημα του χρόνου μέσα στο πλαίσιο των φυσικών θεωριών. Κάποιες φορές μάλιστα, ο διαχωρισμός παρελθόντος - μέλλοντος δεν έχει σημασία αφού αυτά δεν επικοινωνούν με άμεσες αιτιακές σχέσεις. Όσον αφορά τη μαθηματική περιγραφή της πληροφορίας είναι φανερό ότι πρέπει να χρησιμοποιήσουμε το χρόνο και τις χρονικές σχέσεις μέσα σε ένα νευτώνειο ντετερμινιστικό πλαίσιο. Αυτή η αντιμετώπιση είναι η ενδεδειγμένη για να μπορέσουμε να διαχειριστούμε την πληροφορία όπως εννοείται από τον περισσότερο κόσμο σήμερα. Αν, όμως, δούμε το ζήτημα γενικότερα, η πληροφορία είναι πολύ πιο ευρεία έννοια και ο χρόνος δεν είναι αυτός που περιγράφουμε στην καθημερινότητά μας.

Θα αναφερθούμε τέλος, στην έννοια του χώρου μέσα στον οποίο διαδίδεται η πληροφορία. Αυτός είναι τρισδιάστατος χώρος του κόσμου που αντιλαμβανόμαστε. Είτε μιλάμε για ένα ηλεκτρόνιο μέσα σε ένα καλώδιο, είτε για ραδιοκύματα στον αέρα, ο χώρος είναι και αντιμετωπίζεται ως τρισδιάστατος και ευκλείδειος. Για να περιγράψουμε τη μετάδοση της πληροφορίας διαμέσου του χώρου χρησιμοποιούμε τη γεωμετρία των τριών διαστάσεων. Είδαμε, όμως, στο πρώτο κεφάλαιο και θα δούμε πιο γλαφυρά στα παρακάτω, ότι ο χώρος για τις φυσικές θεωρίες δεν είναι στην πραγματικότητα τρισδιάστατος. Υπάρχουν πολυδιάστατοι χώροι, καμπύλοι χώροι, και ακόμα ο κενός χώρος που εκτός των πολύ ιδιαίτερων ιδιοτήτων έχουν και έντονο φυσικό ενδιαφέρον.

Στη συνέχεια λοιπόν του κεφαλαίου, κι αφού έχουμε προηγουμένως ασχοληθεί με το χρόνο, θα ασχοληθούμε με την ύλη, την ενέργεια, το χώρο, το κενό, μια και αυτές οι έννοιες στην ουσία συνθέτουν την έννοια της πληροφορίας, που δε μπορεί να παρουσιάζεται ως αυθύπαρκτη. Εξάλου, με τη χρήση αυτών των εννοιών, αμέσως καταλαβαίνουμε ότι η διάκριση του μηνύματος από το θόρυβο ή το φορέα ή το χώρο και το χρόνο στους οποίους διαδίδεται, είναι καθαρά τεχνητή και εν τέλει χωρίς ουσία υπό το πρίσμα της σύγχρονης φυσικής.

Ύλη, ενέργεια, χώρος, κενό (Πληροφορία και μετάδοση υπό το πρίσμα της σύγχρονης φυσικής)

Στο προηγούμενο κομμάτι αυτού του κεφαλαίου μιλήσαμε για την πληροφορία με τεχνικούς όρους, όπως δηλαδή ορίζεται για να χρησιμοποιηθεί σε πρακτικές - σύγχρονες - εφαρμογές, στην ηλεκτρονική, τους Η/Υ κλπ. Είδαμε συνοπτικά τη μαθηματική περιγραφή της πληροφορίας όσον αφορά τον ορισμό της αυτής καθ' εαυτής, το μέσον και το φορέα μετάδοσής της στο χώρο.

Η περιγραφή αυτή δεν επεδίωξε να δώσει μια πλήρη θεωρία του μαθηματικού μοντέλου που χρησιμοποιεί η τεχνολογία για τον ορισμό και τη διαχείριση της πληροφορίας, αλλά απλώς να αναδείξει τα ερωτηματικά που προκύπτουν σε

σχέση με κάποιες πολύ θεμελιώδεις έννοιες της φυσικής, όπως ο χρόνος, ο χώρος, η ύλη, η ενέργεια.

Ίσως οι έννοιες αυτές να φαίνονται ασύνδετες εξαρχής με την έννοια της πληροφορίας, όπως όμως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα, η πληροφορία αφενός διαδίδεται σε χώρο και χρόνο και αφετέρου η μεταφορά της είναι ενεργειακή.

Με αφορμή λοιπόν τα ερωτήματα που προέκυψαν στην προηγούμενη παράγραφο σε σχέση με τον ορισμό της πληροφορίας, τη διάκριση του φορέα και του μέσου και τη διάδοσή της σε χώρο και χρόνο, θα αναφερθούμε εδώ στις έννοιες του χώρου, της ενέργειας, της ύλης, του κενού από μια ευρύτερη σκοπιά που μας παρέχει η φυσική γι αυτές.

Θα ξεκινήσουμε τη συζήτηση από την έννοια του χώρου για να εστιάσουμε ιδιαίτερα στην έννοια του κενού. Είδαμε στα προηγούμενα ότι αυτό που θεωρούμε ως πληροφορία (χρήσιμο) διαδίδεται μέσα σε κάποιο χώρο για να φτάσει στο δέκτη. Ήδη, έχουμε ένα πρόβλημα ορισμού σε σχέση με την ποσότητα που μπορούμε να θεωρήσουμε χρήσιμη και άρα πληροφορία για το δέκτη. Ακόμα κι αν το παρακάμψουμε, περιορίζοντας την έννοια της πληροφορίας σε πολύ συγκεκριμένα πράγματα, έχουμε και πάλι να αντιμετωπίσουμε την παράμετρο του χώρου όπου αυτή διαδίδεται. Θα δούμε λοιπόν, ότι ο χώρος και ιδιαίτερα το κενό, είναι έννοιες που επιδέχονται πολλές ερμηνείες στα πλαίσια της μοντέρνας φυσικής.

Όπως έχουμε πει στο προηγούμενο κεφάλαιο, μέσα στα πλαίσια της σύγχρονης φυσικής, ο χώρος μέσα στον οποίο μπορούμε να περιγράψουμε καλύτερα τα φαινόμενα, δεν είναι ο τρισδιάστατος ευκλείδειος χώρος που αντιλαμβανόμαστε με τις αισθήσεις μας. Παρόλα αυτά στην κλασική μαθηματική διατύπωση, η πληροφορία διαδίδεται μέσα σε αυτόν. Αφού, όμως, ο χώρος αυτός δεν είναι ο πραγματικός χώρος των φυσικών φαινομένων ή καλύτερα είναι μόνο μια πολύ περιορισμένη όψη του πραγματικού, αντιλαμβανόμαστε ότι η πληροφορία που λαμβάνουμε είναι ατελής.

Στα πλαίσια της σχετικότητας ο πραγματικός χώρος είναι τεσσάρων διαστάσεων και η μορφή του καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις βαρυτικές

αλληλεπιδράσεις. Αυτό μας υποδεικνύει μια διαφορετική θεώρηση του χώρου. Μας δείχνει ένα χώρο συμμετοχο στις διαδικασίες της φύσης, αφού είναι ένας χώρος που διαμορφώνεται από τις φυσικές ποσότητες. Πιο συγκεκριμένα στη γενική σχετικότητα, στα πεδία βαρύτητας δεν μπορούν να υπάρξουν σώματα με ευκλείδειες ιδιότητες. Αναγκαστικά υπακούουν στη χωροχρονική γεωμετρία του ρειμάνιου κόσμου. Κι αυτό δεν είναι μια περιγραφή τεχνική για τα μαθηματικά, αλλά μια πραγματικότητα αρχών της θεωρίας. Η βαρύτητα επιδρά στο χωρόχρονο και τον κάνει κυρτό, δεν είναι δηλαδή απλά μια δύναμη - και δεν αντιμετωπίζεται έτσι στη γενική θεωρία της σχετικότητας - αλλά η έμφυτη καμπυλότητα του χωροχρόνου. Αυτή η περιγραφή βέβαια δε συλλαμβάνεται εύκολα από τον άνθρωπο ή για να ακριβολογούμε δε συλλαμβάνεται καθόλου από τις αισθήσεις μας αφού αυτές παρουσιάζονται ελλειμματικές ως προς τη συγκεκριμένη γεωμετρία. Αυτό το μοντέλο του χώρου δεν είναι "ορατό" παρά μόνο μπορεί να περιγραφεί και η "εικόνα" του απευθύνεται στη νόηση ή τη φαντασία μας.

Έτσι, για παράδειγμα, στη γενική θεωρία της σχετικότητας τα σώματα όπως οι πλανήτες που εκτελούν τροχιές γύρω από τον ήλιο δεν το κάνουν λόγω της έλξης του αλλά γιατί γύρω από τον ήλιο στον καμπυλωμένο χωρόχρονο δεν υπάρχουν ευθείες γραμμές. Η ευθεία είναι η συντομότερη απόσταση μεταξύ δύο σημείων στην ευκλείδεια γεωμετρία, αλλά στις καμπύλες επιφάνειες της συμπαντικής γεωμετρίας η συντομότερη απόσταση είναι η γεωδαισιακή γραμμή που ακολουθούν οι πλανήτες. Αυτό είναι το αποτέλεσμα της βαρυτικής διαμόρφωσης του χώρου.

Την καμπυλότητα του χωρόχρονου μπορούμε να την διαπιστώσουμε πιο γλαφυρά στην περίπτωση της αστροφυσικής και ιδιαίτερα στις μαύρες τρύπες. Μια μαύρη τρύπα είναι η πιθανή κατάληξη της ζωής ενός μεγάλου άστρου που πεθαίνει από τη βαρύτητά του. Το άστρο γίνεται συνεχώς πιο πυκνό, έτσι ώστε η αυξανόμενη βαρύτητα στην επιφάνειά του να εμποδίζει οποιαδήποτε διαφυγή σωματιδίων ή ενέργειας προς τον υπόλοιπο κόσμο. Φτάνει έτσι σε σημείο όπου ούτε το φως μπορεί να ξεφύγει από την έλξη του, αφού η βαρύτητα γίνεται ισχυρότερη ακόμα και από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Σε μια τέτοια κατάσταση, λοιπόν, δε μπορεί να υπάρξει επικοινωνία με τον υπόλοιπο κόσμο, αφού τίποτε δεν "ανταλλάσσεται" με το περιβάλλον. Στην προκειμένη περίπτωση, θα λέγαμε ότι η μόνη πληροφορία που μπορούμε να πάρουμε είναι η *έλλειψη πληροφορίας* από το

συγκεκριμένο χώρο. Τίποτα πλέον δε μπορούμε να δούμε από ένα τέτοιο άστρο, γι αυτό και ονομάζεται μαύρη τρύπα.

Η μαύρη τρύπα είναι ένα ιδανικό παράδειγμα για το χωρόχρονο της σχετικότητας, αφού στην περιοχή της, λόγω της τεράστιας βαρύτητας έχουμε πολύ ισχυρή καμπυλότητα του χωρόχρονου. Αυτό έχει παράλληλα σαν αποτέλεσμα, να εξαφανίζεται και η έννοια του χρόνου. Αυτό συμβαίνει γιατί στην περιοχή ενός τόσο πυκνού και κυρτού σώματος παύει να υφίσταται η έννοια της ροής του χρόνου, αφού ούτε αυτός ούτε ο χώρος είναι απόλυτος. Ο χρόνος δηλαδή μέσα στη μαύρη τρύπα θα εξακολουθεί να έχει μια φυσική ροή αλλά έξω από αυτή, με την παύση της εκπομπής φωτός, παύει να υπάρχει. Είναι δηλαδή ένα θέμα που ανάγεται στη φύση και τη θέση του παρατηρητή. Όλες οι μετρήσεις που κάνει είναι σχετικές και εξαρτώνται από την κινητική του κατάσταση. Αλλά ταυτόχρονα η δομή του χωρόχρονου είναι άμεσα εξαρτώμενη από την κατανομή της ύλης. Έτσι, έχουμε ένα χώρο με διαφορετική καμπυλότητα σε κάθε σημείο και ένα χρόνο με διαφορετική ροή μέσα στο σύμπαν.

Κενό

Αν τώρα ονομάσουμε "κενό" το χώρο που είναι κοντά σε μεγάλες μάζες βλέπουμε ότι αυτό το κενό είναι καμπύλο. Ο χώρος στρεβλώνεται και οι στρεβλώσεις του διαδίδονται μέσω των κυμάτων βαρύτητας. Είναι ένα κενό που υπακούει στην ύλη και παράλληλα διαμορφώνει την κίνησή της. Δεν είναι ένα κενό με την έννοια της ανυπαρξίας.

Όμως για να αποτυπώσουμε μια πιο σφαιρική εικόνα για το κενό οφείλουμε να ξεκινήσουμε από αρκετά παλιά στην πορεία της ανθρώπινης σκέψης. Οι πατέρες της ατομικής θεωρίας Λεύκιππος και Δημόκριτος αποτυπώνουν τον κεντρικό ρόλο του κενού στις κοσμοθεωρίες τους λέγοντας ότι "στοιχεία μεν είναι το πλήρες και το κενό", αποκαλούντες το ένα ον και το άλλο μη ον, από αυτά το μέν πλήρες και στερεόν, το ον, το δε κενόν και αραιόν, το μη ον. Για αυτό το μη ον είναι τόσο αληθινό όσο το ον, γιατί το κενό δεν είναι λιγότερο πραγματικό από το σώμα. Έχουν, δηλαδή, μια πολύ πρωτοποριακή άποψη για το κενό.

Όμως η πραγματικότητα του κενού - άδειου χώρου ταυτίστηκε με την πραγματικότητα του τίποτα, δημιουργώντας παράδοξα σε σχέση με το χώρο. Αν το κενό *είναι* ένα τίποτα, πως μπορεί να υπάρχει; Ο Αναξαγόρας, ο Αριστοτέλης, ο Καρτέσιος και άλλοι, λοιπόν, απέρριψαν την ύπαρξη του κενού. Με την απόρριψη του κενού συμφωνούν και πολλές θεολογικές απόψεις. Κι αυτό συμβαίνει γιατί από τη θεολογική σκοπιά ο Θεός είναι παντού και πάντα και συνεπώς υφίσταται και σε χώρο που δεν υπάρχουν σώματα, "πληρώνει" τα πάντα, "πανταχού παρών και τα πάντα πληρών". Κατά μια πιο συμπαγή έκφραση μάλιστα, ο Θεός δεν υπάρχει απλώς μέσα στο χώρο, αλλά Είναι.

Στις ανθρώπινες δραστηριότητες τώρα, το κενό είναι κάτι στερητικό, το άδειο, μια απουσία ύπαρξης. Στην καθημερινή ζωή για παράδειγμα ως κενό θεωρείται το άδειο ποτήρι, ή λευκή σελίδα, ο χώρος δηλαδή που δεν υπάρχει κάτι που θα έπρεπε να υπάρχει. Το κενό εκφράζεται και σε λεκτικά σχήματα όπως όταν λέμε για κάτι ότι είναι κενό περιεχομένου ή νοήματος, ή ακόμα και σε συναισθηματικές καταστάσεις όπως για παράδειγμα αίσθημα απώλειας, κενότητας ή μοναξιάς. Το κενό μπορεί να είναι μια ψυχολογική κατάσταση του ανθρώπου που αντικατοπτρίζει αυτήν ακριβώς την έννοια του κενού που έχουμε για τον κενό χώρο.

Η κλασσική φυσική στη διάρκεια των αιώνων, συμφώνησε με την κοινή αντίληψη του κενού, διαφώνησε γεμίζοντάς το αιθέρα, θεώρησε ότι περιέχει κάτι ή δεν περιέχει τίποτα. Όλες οι θεωρήσεις της κλασσικής φυσικής έχουν ως κοινό τη στατικότητα του κενού χώρου, δηλαδή την ανεξαρτησία του από το χρόνο ή την ενέργεια. Το κενό παρουσιάζεται σαν αυθύπαρκτη και αμετάβλητη οντότητα.

Είναι η κβαντική φυσική αυτή που θα δώσει στο κενό δυναμική υπόσταση. Αναφέρθηκε στα προηγούμενα ότι ως κενό θα μπορούσαμε να ορίσουμε την περιοχή του χώρου όπου δεν υπάρχει τίποτα. Το τίποτα από τη σκοπιά της φυσικής αντιπροσωπεύει την απουσία ύλης, αφού η ύλη είναι κάτι. Είδαμε, όμως, ότι στη σχετικότητα η ύλη και η ενέργεια είναι ισοδύναμες, αδιαχώριστες. Δεν νοείται ύλη χωρίς ενέργεια. Είναι οι φυσικές εκδηλώσεις του ίδιου πράγματος. Επομένως, τώρα, το κενό θα είναι ο χώρος που απουσιάζει η ύλη και η ενέργεια. Όμως, στη σύγχρονη φυσική αυτός ο χώρος

δε μπορεί να υπάρξει, λόγω της κβαντικής αρχής της αβεβαιότητας του Heisenberg. Σύμφωνα με αυτή την αρχή δε μπορούμε να προσδιορίσουμε ταυτόχρονα την τιμή μιας φυσικής ποσότητας και το ρυθμό της χρονικής μεταβολής της. Όσο πιο μεγάλη ακρίβεια έχουμε για την ποσότητα, τόσο μικρότερη ακρίβεια θα έχουμε για το ρυθμό μεταβολής της και αντίστροφα. Το γινόμενο των δύο ποσοτήτων δε μπορεί να γίνει μικρότερο από μια σταθερή, προσδιορισμένη τιμή.

Έτσι, σύμφωνα με αυτή την αρχή, δε μπορούμε να μετρήσουμε κάποια ενέργεια με απόλυτη ακρίβεια σε πεπερασμένο χρόνο. Καταλαβαίνουμε, λοιπόν, ότι αν υπήρχε ένας χώρος χωρίς ύλη ή ενέργεια, θα είχε ενεργειακό περιεχόμενο ίσο με το μηδέν. Όμως, λόγω της αρχής της αβεβαιότητας, σε κάποια στιγμή του χρόνου θα έπρεπε η ενέργεια να διαφέρει από το μηδέν, γιατί αλλιώς θα είχαμε μια φυσική ποσότητα με μηδενική τιμή και το ρυθμό μεταβολής της μηδενικό, κάτι που θα παραβίαζε την αρχή.

Αυτό το γεγονός δείχνει ότι στο κενό υπάρχουν διακυμάνσεις της ενέργειας και γενικότερα κάθε φυσικής ποσότητας. Εμφανίζεται, δηλαδή, μέσα στο τίποτα, μια ποσότητα ενέργειας (και άρα ύλης) εξαιτίας μιας διακύμανσης του κενού. Το κενό, δηλαδή, δεν είναι και τόσο κενό, αφού μπορεί να "παράγει" ύλη ως αποτέλεσμα των διακυμάνσεών του. Αυτή η ύλη είναι παροδική, και ονομάζεται εικονική ύλη ή εικονικά σωματίδια πιο συγκεκριμένα. Η παροδικότητα των εικονικών σωματιδίων δεν τα καθιστά "κατώτερα" σε φυσική αξία από την "μόνιμη" πραγματική ύλη, αφού και στην αλληλεπίδραση μεταξύ δύο πραγματικών σωματιδίων συμβαίνει μια ανταλλαγή μεταξύ ενός ή περισσότερων εικονικών σωματιδίων.

Για κάθε αλληλεπίδραση υπάρχει ανταλλαγή. Η ελάχιστη ανταλλαγή πραγματοποιείται με ένα πολύ μικρό ποσό, ένα κβάντο αλληλεπίδρασης κάτω από το οποίο δε μπορεί να υπάρξει διαταραχή των αλληλεπιδρώντων συστημάτων. Έτσι, η χρονική διάρκεια της διαταραχής σχετίζεται με το μέγεθος της αντίστοιχης ενεργειακής διαταραχής, έως ενός ελαχίστου σημείου, που δεν είναι το μηδέν.

Το κενό, δηλαδή, είναι μια κατάσταση ελάχιστης ενέργειας σε μια περιοχή του χώρου ή σε ένα φυσικό σύστημα. Είναι η αναφαίρετη ελάχιστη φυσική ποσότητα που πάντα μπορούμε να βρούμε σε κάποιο χώρο. Εξάλλου, στην

κβαντική θεωρία πεδίου ότι υπάρχει στο κενό περιγράφεται από ένα πεδίο. Το πεδίο είναι μια χωροχρονική συνάρτηση που στην περίπτωση του κενού έχει μια μέση τιμή μηδέν. Όμως, οι διακυμάνσεις γύρω από το μηδέν έχουν τιμές διάφορες του μηδενός και αντιπροσωπεύουν τις φυσικές ποσότητες που μπορούμε να βρούμε μέσα στο κενό. Στην κβαντική φυσική, λοιπόν, το κενό δεν είναι μια στατική ανυπαρξία, αλλά μια δυναμική ελάχιστη πραγματικότητα που είναι η βάση των πάντων.

Ύλη και κενό

Είδαμε ότι δε μπορούμε ξεκάθαρα να διαχωρίσουμε την ύλη από το χώρο στα πλαίσια της σύγχρονης φυσικής. Η σχετικότητα μας λέει ότι η ενέργεια και η μάζα είναι ισοδύναμες και η βαρυτική ενέργεια υπάρχει παντού και διαμορφώνει το χώρο. Δε μπορούμε να καθορίσουμε σαφώς το χώρο που καταλαμβάνει η ύλη και να θεωρήσουμε τον υπόλοιπο ως κενό, αφού η ύλη διαμορφώνει τη γεωμετρία του χώρου. Η αρχή της αβεβαιότητας μας έδειξε ότι δε μπορούμε να γνωρίζουμε ταυτόχρονα την τιμή μιας φυσικής ποσότητας και το ρυθμό μεταβολής της. Δε μπορούμε, δηλαδή, για ένα σωματίδιο να καθορίσουμε τη θέση και την ταχύτητά του ταυτόχρονα.

Ως συνέπεια αυτής της αρχής, δε μπορούμε να ορίσουμε τροχιά για ένα σωματίδιο, γιατί δε μπορούμε να γνωρίζουμε ακριβώς τις θέσεις που καταλαμβάνει το σωματίδιο καθώς κινείται. Ενώ στην κλασσική φυσική υπάρχει μία μόνο επιτρεπτή διαδρομή μεταξύ δύο σημείων, στην κβαντική φυσική πρέπει να εξετάσουμε όλες τις πιθανές διαδρομές για να βρούμε τις αντίστοιχες πιθανότητες αφίξεως του σωματιδίου στο συγκεκριμένο σημείο. Αυτό συμβαίνει γιατί θεωρείται ότι το σωματίδιο έχει "απλωθεί" στο χώρο καθώς θέλει να μεταβεί από το ένα σημείο στο άλλο. Ακολουθεί, δηλαδή, ταυτόχρονα πολλές διαδρομές πηγαίνοντας από το ένα σημείο στο άλλο.

Εδώ, συναντάμε μια πολύ κεντρική ιδέα της θεωρίας. Το "άπλωμα" στο χώρο του σωματιδίου είναι μια ιδιότητα κυματική. Βλέπουμε, λοιπόν, ότι παρουσιάζεται μια διττή πραγματικότητα, αυτή του σωματιδίου - κύματος. Η κυματική όψη, όμως, έχει και κυματικές ιδιότητες, όπως για παράδειγμα η

συμβολή. Η συμβολή είναι η άθροιση των κυμάτων, η οποία όμως εκτός από ενισχυτική μπορεί να είναι και αποσβεστική. Σε αυτή τη διαδικασία, ένα κι ένα μπορεί να κάνει δύο, μπορεί να κάνει και μηδέν. Είναι, δηλαδή, δυνατόν να έχουμε συμβολή δύο φωτεινών κυμάτων, με τέτοια διαφορά φάσης που να δίνει σκοτάδι.

Εμφανίζεται έτσι μια πραγματικότητα που μπορούμε μεν να περιγράψουμε, αδυνατούμε, όμως, να την κατανοήσουμε ουσιαστικά. Η περιγραφή αυτής της διπλής υπόστασης γίνεται μέσω της κυματοσυνάρτησης. Η κυματοσυνάρτηση είναι μια συνάρτηση του σωματιδίου στον κβαντικό κόσμο, το τετράγωνο της οποίας δίνει την πιθανότητα να βρίσκεται το σωματίδιο σε κάποια συγκεκριμένη θέση. Είναι μια συνάρτηση που παίρνει τιμές σε όλα τα σημεία του χώρου, καλύπτοντας έτσι όλες τις πιθανότητες εύρεσης του σωματιδίου σε ένα συγκεκριμένο σημείο του χώρου. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι το σωματίδιο υπάρχει παντού μέχρι να το μετρήσουμε οπότε και "συμπυκνώνεται" σε ένα συγκεκριμένο σημείο.

Η κυματοσυνάρτηση, δηλαδή, είναι η περιγραφή του χώρου που καταλαμβάνει ένα κύμα μέχρι τη στιγμή, όμως, που θα γίνει η μέτρηση, οπότε θα "δείξει" ένα σωματίδιο, δηλαδή, ένα σημείο. Είναι η μέτρηση αυτή που συγκεκριμενοποιεί το χώρο. Καταλαβαίνουμε ότι το κβαντικό σωματίδιο δεν είναι εντοπισμένο γιατί δεν είναι ακριβώς σωματίδιο. Κατ' επέκταση μπορούμε να αντιληφθούμε ότι όταν δύο ή περισσότερα σωματίδια βρίσκονται αρκετά κοντά, η κυματοσυναρτήσεις τους θα έχουν κάποιες τιμές σε έναν ίδιο χώρο. Παρουσιάζεται, δηλαδή, μια αλληλοεπικάλυψη. Αυτό σημαίνει ότι τα σωματίδια με την κυματική τους υπόσταση μπορούν να συνυπάρχουν στον ίδιο τόπο. Σαν να είναι, δηλαδή, το ένα μέσα στο άλλο, κάτι που φαίνεται ακατανόητο από λογικής απόψεως, αλλά είναι αληθές στην κβαντική φυσική.

Μια ακόμα συνέπεια της κυματικής ιδιότητας των σωματιδίων είναι το φαινόμενο της διόρυξης σήραγγας. Πιο συγκεκριμένα, ένα σωματίδιο μπορεί σύμφωνα με αυτό το φαινόμενο, να βρεθεί σε περιοχές κλασσικά απαγορευμένες. Μπορεί το σωματίδιο να περάσει ένα φράγμα χωρίς να το πηδήξει. Αυτό συμβαίνει γιατί ως κύμα μπορεί να απλωθεί παντού, και έτσι υπάρχει μια πιθανότητα, μικρή ή μεγάλη, να εμφανιστεί οπουδήποτε όταν θα μετρήσουμε τη θέση του.

Όλα αυτά τα κβαντομηχανικά "παράδοξα" μπορούν να περιγραφούν από τις εξισώσεις και οι μετρήσεις μπορούν να δώσουν αποτελέσματα που τις επιβεβαιώνουν, όμως, δε δίνεται καμμία ερμηνεία για την αναγκαιότητα ύπαρξης της διπλής υπόστασης σωματιδίου - κύματος. Η περιγραφή είναι μόνο φαινομενολογική. Αυτό έχει να κάνει με τις πεποιθήσεις των επιστημόνων την εποχή της εδραίωσης της κβαντικής θεωρίας, της οποίας σπουδαιότερος εισηγητής ήταν ο N. Bohr. Σύμφωνα με τη φυσική ερμηνεία που δόθηκε λοιπόν, η κβαντομηχανική ασχολείται μόνο με τα φαινόμενα και δε συζητά την ουσία των πραγμάτων παρά μόνο δίνει κανόνες για τη σύνδεση των φαινομένων. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο η φιλοσοφικές απορίες δεν έχουν θέση από τη στιγμή που δεν προσφέρουν επιβεβαιώσιμα αποτελέσματα.

Αξίζει σε αυτό το σημείο να ανφέρουμε τις απόψεις του φυσικού David Bohm πάνω στο θέμα της διπλής υπόστασης σωματιδίου - κύματος. Ο Bohm επισημαίνει έναν ανθρωπομορφισμό της ύλης λέγοντας ότι : "Η κυματική λειτουργία είναι ένα είδος νοητικής όψης του ηλεκτρονίου, το περιεχόμενο των πληροφοριών που προσδιορίζει τη φύση του" και " η κυματική λειτουργία δίνει το περιεχόμενο των πληροφοριών, ενώ η δραστηριότητα αποτελεί την έννοιά του. Το ηλεκτρόνιο κάνει σε μεγάλο βαθμό το ίδιο που κάνουμε κι εμείς όταν αντιδρούμε σε μια κατάσταση " και τονίζει ότι η κβαντομηχανική είναι ένας πολύ περιορισμένος τρόπος ερμηνείας κι αν πρόκειται να κατανοήσουμε αυτά τα φαινόμενα, θα πρέπει να είμαστε έτοιμοι να αποδεχθούμε και κάποιες παράξενες ιδέες.

Σε κάθε περίπτωση πάντως, όποια ερμηνεία κι αν διαλέξουμε το γεγονός είναι ότι το κενό και η ύλη δεν υπάρχουν πλέον με τη συμβατική έννοια. Ανεξάρτητα από τις όποιες θεωρίες, η κλασσική επιστημονική μέθοδος, το πείραμα, έχει αποδείξει τη δυναμική φύση του κενού μέσω της αλληλεπίδρασής του με τα αντικείμενα.

Παράδειγμα αυτής της δράσης είναι το φαινόμενο casimir που ονομάστηκε έτσι από το Ολλανδό φυσικό που το ανακάλυψε. Σε αυτό το φαινόμενο δύο παράλληλες μεταλλικές πλάκες τοποθετούνται στο κενό που είναι γεμάτο από διακυμαινόμενα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, από εφήμερα εικονικά σωματίδια. Οι διακυμάνσεις αυτές έχουν συγκεκριμένες συχνότητες και πρέπει πάνω στις πλάκες να μηδενίζονται. Έξω από τις πλάκες μπορούν να υπάρχουν

διακυμάνσεις με πολύ περισσότερες συχνότητες, που αντιπροσωπεύουν κι αυτές εικονικά σωματίδια, που προσπίπτουν πάνω στις πλάκες. Λόγω της διαφοράς μέσα κι έξω από τις πλάκες, δημιουργείται ελκτική δύναμη ανάμεσά τους που τις αναγκάζει να κινηθούν η μία προς την άλλη. Η ύπαρξη της δύναμης αυτής επαληθεύτηκε πειραματικά, αποδεικνύοντας τη δυναμική φύση του κενού που μπορεί να αλληλεπιδρά με τα σύνορά του.

Ως δύναμη casimir μπορεί να αντιμετωπιστεί και η βαρύτητα, σύμφωνα με τον ρώσο φυσικό Αντρέι Ζαχάρωφ. Ο Ζαχάρωφ πρότεινε ότι είναι η παρουσία μαζών αυτή που παραμορφώνει τις κβαντικές διακυμάνσεις του κενού, με αποτέλεσμα την εμφάνιση της βαρύτητας. Οι μάζες δηλαδή παίζουν το ρόλο των συνόρων του κενού, όπως και στο παραπάνω φαινόμενο, και μάλιστα η ενέργεια των κβαντικών διακυμάνσεων του κενού μπορεί να υπολογιστεί ως συνάρτηση της καμπυλότητας του χώρου. Η πρόταση είναι πολύ ενδιαφέρουσα αν σκεφτούμε ότι συμπλέκει τη σχετικότητα με την κβαντική θεωρία.

Παραδείγματα αλληλεπίδρασης του κενού με την ύλη, έχουμε πολλά στη σύγχρονη φυσική, που επιβεβαιώνουν τη μη συμβατική συμπεριφορά των δύο εννοιών. Ένα παράδειγμα είναι η αυθόρμητη εκπομπή ακτινοβολίας που παρατηρείται όταν διεγερμένα άτομα αποδιεγείρονται και πέφτουν στη θεμελιώδη τους κατάσταση, αποβάλλοντας ταυτόχρονα την πρόσθετη ενέργεια υπό μορφή πραγματικών φωτονίων. Η αποδιέγερση οφείλεται στη διαταραχή των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων του κενού.

Άλλο παράδειγμα είναι η μετατόπιση Lamb των ενεργειακών επιπέδων του υδρογόνου. Το ηλεκτρόνιο στο άτομο του υδρογόνου περιστρέφεται γύρω από τον πυρήνα μέσα σε ένα χώρο πλημμυρισμένο από εικονικά σωματίδια που διαταράσσουν την τροχιά του, μεταβάλλοντας έτσι, την ενέργεια του ατόμου του υδρογόνου. Πάλι υπεύθυνες για τη μετατόπιση Lamb είναι οι διακυμάνσεις του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου του κενού που δρουν επί του ηλεκτρονίου.

Ακόμα, αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης κενού και ύλης είναι η πόλωση του κενού. Από το κενό παράγονται συνεχώς ζεύγη εικονικών ηλεκτρονίων και ποζιτρονίων. Αν ένα πρωτόνιο βρεθεί στο κενό, έλκει τα εικονικά ηλεκτρόνια και απωθεί τα εικονικά ποζιτρόνια με αποτέλεσμα την πόλωση του κενού.

Όμως, ακόμα πιο εντυπωσιακή είναι η δυνατότητα παραγωγής *πραγματικών* σωματιδίων από το κενό. Αυτή μπορεί να συμβεί αν "εισαχθούν" στο κενό πολύ ισχυρά ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Αν βάλουμε ένα βαρύ πυρήνα απογυμνωμένο από τα ηλεκτρόνια του, στο κενό, θα έχουμε εκπληρώσει αυτή την προϋπόθεση. Τότε, σε περίπτωση που δημιουργηθεί ένα ζεύγος ηλεκτρονίου - ποζιτρονίου στο κενό, το ποζιτρόνιο θα απωθηθεί από τον πυρήνα ενώ το ηλεκτρόνιο θα ελκυστεί και θα κινείται γύρω από τον πυρήνα. Η δημιουργία του ζεύγους σημαίνει ενέργεια $2mc^2$ όπου m η μάζα των σωματιδίων, ενώ η έλξη του ηλεκτρονίου, ώστε να γίνει δορυφόρος του πυρήνα, κοστίζει ενέργεια ϵ , την ενέργεια σύνδεσής του. Άρα συνολικά, στο σύστημα η ενέργεια αυξήθηκε κατά $2mc^2 - \epsilon$. Όταν όμως, ο πυρήνας έχει 173 ή περισσότερα πρωτόνια, η ποσότητα αυτή είναι αρνητική, γιατί το ϵ είναι πολύ μεγάλο. Αυτή, όμως, είναι μια προτιμητέα κατάσταση γιατί είναι μια κατάσταση ελάχιστης ενέργειας για το σύστημα. Όταν, λοιπόν, έχουμε πυρήνα με 173 και πάνω πρωτόνια, συμφέρει, το ηλεκτρόνιο να γίνει δορυφόρος του πυρήνα με αποτέλεσμα να χάσει αυτός μια μονάδα θετικού φορτίου. Το νόημα εδώ είναι ότι μπαίνοντας ο πυρήνας σε ουδέτερο κενό, χωρίς πραγματικά σωματίδια, το αποσταθεροποιεί και μετατρέπεται σε μια φορτισμένη κατάσταση όπου υπάρχουν πραγματικά ηλεκτρόνια.

Άλλη περίπτωση δημιουργίας πραγματικών σωματιδίων από το κενό είναι η εξατμίσση των μαύρων τρυπών που προβλέφθηκε από τον Steven Hawking το 1974. Έτσι, είναι δυνατή η εκπομπή ακτινοβολίας ακόμα κι από μια μαύρη τρύπα, παρά τα όσα ειπώθηκαν για τη δυναμική αυτών των σωμάτων. Η διαδικασία έχει ως εξής: στο χώρο, μόλις έξω από τα σύνορα μιας μαύρης τρύπας, πιθανόν να δημιουργηθεί ένα ζεύγος εικονικών σωματιδίων. Είναι δυνατό, τότε, το ένα σωματίδιο να πέσει μέσα στην τρύπα από όπου πλέον δεν υπάρχει δυνατότητα επιστροφής. Έτσι, το έτερο σωματίδιο δε μπορεί να εξαϋλωθεί. Το απομένον αντισωματίδιο, λοιπόν, αναβαθμίζεται σε πραγματικό και μπορεί να διαφύγει στο άπειρο, όπου παρουσιάζεται σαν ακτινοβολία μαύρης τρύπας. Η διαφυγή θα ελαττώσει τη μάζα της μαύρης τρύπας, η οποία μπορεί μέσα από αυτή τη διαδικασία να εξατμιστεί.

Η δημιουργία ύλης και αντιύλης μέσα από το κενό είναι, όπως βλέπουμε, μια πραγματικότητα στα πλαίσια της σύγχρονης φυσικής. Αυτή η ιδέα βρίσκει εφαρμογή και σε πολλούς τεχνολογικούς τομείς και χρησιμοποιείται ακόμα και

στην επιστήμη της πληροφορίας, όπου μπορούμε πλέον να μιλάμε για κβαντική πληροφορία. Αυτή η θεωρία αναφέρεται σε κβαντικές μονάδες πληροφορίας, qubit, που είναι κβαντικές υπερθέσεις των καταστάσεων 0 και 1, και συσχέτισης ebit που αντιπροσωπεύουν το ποσό συσχέτισης σε ένα μέγιστα συσχετισμένο ζεύγος. Το ebit είναι εικονική πληροφορία, πράγμα που δηλώνει ότι, αντίθετα με την κλασσική θεωρία πληροφορίας όπου η πληροφορία είναι πάντα πραγματική, στην κβαντική θεωρία πληροφορίας μπορεί να γίνει και δυνητική. Η διαδικασία συσχέτισης δύο σωματιδίων αντιστοιχεί στη δημιουργία ενός ζεύγους εικονικών σωματιδίων πληροφορίας μέσα από το πληροφοριακό κενό και η δύναμη πληροφορία μπορεί να αποκαλυφθεί μόνο όταν ένα μέλος του συσχετισμένου ζεύγους αλληλεπιδράσει με την πραγματική πληροφορία.

Σκιαγραφώντας το χαρακτήρα του χώρου, του κενού και της ύλης, όπως παρουσιάζονται στη σύγχρονη επιστήμη, διαπιστώσαμε ότι σε καμία περίπτωση δεν είναι έννοιες συμβατικές και τετριμμένες. Αποκτούν, μάλιστα, τόσο διαφορετικό φιλοσοφικό νόημα που, ίσως, οι ονομασίες τους περιορίζουν την πραγματική τους ουσία.

Είδαμε τη σχετικότητα να επιτάσσει την καμπυλότητα του χώρου και του κενού λόγω των μαζών που περιέχουν. Η ύλη και ο χώρος αποκτούν μια ενότητα φυσική και αδιαπραγμάτευτη. Είδαμε την κβαντική φυσική να δίνει δυναμική και συναρπαστική δραστηριότητα στο κενό. Το γεμίζει πεδία που λόγω διακυμάνσεων "γεννούν" σωματίδια. Είδαμε ακόμα το κενό σαν έννοια σχετική, γιατί εξαρτάται από την κατάσταση του παρατηρητή το αν θα παρατηρήσει ή όχι πραγματική ύλη στο κενό.

Όλες αυτές οι νέες θεωρήσεις της σύγχρονης φυσικής περιγράφουν μια πραγματικότητα πολύ διαφορετική από αυτή που μπορούμε να αντιληφθούμε ως ανθρώπινα όντα. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο δεν μπορούμε να ορίσουμε την πληροφορία όπως στο πρώτο μέρος αυτού του κεφαλαίου. Πληροφορία είναι το οτιδήποτε. Αν η πληροφορία είναι υλική, η ύλη δεν είναι αυτή που ξέρουμε. Ο φορέας, το μέσον, ο χώρος διάδοσής της είναι έννοιες διαφοροποιημένες για τεχνικούς σκοπούς, ενώ η φυσική τους υπόσταση δεν είναι τέτοια που να τα κάνει διακρίσιμα.

Ο Gregory Bateson λέει ότι "πληροφορία είναι μια διαφορά που κάνει τη διαφορά", όμως ο David Bohm λέει ότι αυτό δεν είναι αρκετό, γιατί "κάθε διαφορά φτιάχνει μια διαφορά". Ίσως, λοιπόν, παρόλο που οι επιστήμονες είναι πολύ ικανοί στον κατακερματισμό των φυσικών εννοιών, θα έπρεπε να προσπαθήσουν περισσότερο για την αναθεώρηση και την ενότητά τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΔΕΚΤΗΣ

Τα αισθητικά συστήματα - Αντίληψη

Σε αυτό το κεφάλαιο θα επικεντρώσουμε την περιγραφή μας στα αισθητηριακά συστήματα του ανθρώπου για να μελετήσουμε τον άνθρωπο ως δέκτη ερεθισμάτων του φυσικού κόσμου. Και ιστορικά η αίσθηση υπήρξε το σημείο εκκίνησης για την επιστημονική μελέτη των νοητικών διεργασιών. Οι εμπειριστές πρώτοι υποστήριξαν ότι οι γνώσεις μας προέρχονται από τις αισθητικές εμπειρίες, από όσα δηλαδή μπορούμε να δούμε, να ακούσουμε, να γευθούμε, να ψηλαφίσουμε ή να μυρίσουμε. Αυτή η άποψη οδήγησε στην ανάπτυξη της ψυχολογίας που ασχολήθηκε αρχικά με την πειραματική μελέτη των νοητικών διεργασιών δίνοντας βαρύτητα στην αίσθηση ως σίγουρη οδό για την κατανόηση του νου. Οι εμπειριστές διαπίστωσαν ότι παρόλο που η αισθητική υποδοχή διαφέρει για κάθε αίσθηση, η αλληλουχία της αισθητικής διαδικασίας ήταν η ίδια και περιλάμβανε: ένα φυσικό ερέθισμα, ένα σύνολο γεγονότων που το μετατρέπουν σε μήνυμα νευρικών ώσεων και μία απόκριση στο ερέθισμα, ως αντίληψη ή εσωτερική αντιπροσώπευση των αισθήσεων. Σε αυτή τη διαδικασία μπορούμε να έχουμε δύο τρόπους ανάλυσης. Αυτόν της ψυχοφυσικής που εστιάζει στη σχέση μεταξύ των φυσικών χαρακτηριστικών του ερεθίσματος και των ιδιοτήτων της αντίληψής του και σε αυτόν της αισθητικής φυσιολογίας που εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο το ερέθισμα μετατρέπεται από τους αισθητικούς υποδοχείς και τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η επεξεργασία στον εγκέφαλο.

Παρόλο που οι εμπειριστές όπως ο John Locke υποστήριξαν ότι ο άνθρωπος γεννιέται ως *tabula rasa* πάνω στην οποία καταγράφονται οι εμπειρίες, σήμερα ξέρουμε ότι αυτό δεν είναι αληθές. Ο νους των νεογέννητων δεν είναι κενός και ο αντιληπτός κόσμος δε σχηματίζεται ως άθροισμα παθητικών επαφών με τις φυσικές ιδιότητες των αντικειμένων. Η αλήθεια είναι ότι οι αντιλήψεις του ανθρώπου διαφέρουν ποιοτικά από τις φυσικές ιδιότητες των ερεθισμάτων που λαμβάνει με τις αισθήσεις του. Αυτό γίνεται γιατί, όπως έχει διαπιστωθεί το νευρικό σύστημα δεν παίρνει όλες τις πληροφορίες από ένα ερέθισμα, παρά μόνο όσες θεωρεί χρήσιμες, και τις ερμηνεύει ενσωματώνοντάς αυτές στο πλαίσιο προηγούμενων εμπειριών.

Με όρους φυσικής, δεχόμαστε ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαφορετικών συχνοτήτων αλλά βλέπουμε χρώματα. Δεχόμαστε κύματα πίεσης αλλά ακούμε λέξεις. Προσλαμβάνουμε χημικές ενώσεις από τον αέρα και το νερό αλλά αντιλαμβανόμαστε οσμές και γεύσεις. Όλα αυτά, τα χρώματα, οι ήχοι, οι οσμές, οι γεύσεις δεν υπάρχουν αφ' εαυτού, αλλά δημιουργούνται νοητικά στον εγκέφαλο μέσα από αισθητική επεξεργασία. Άρα, μπορούμε να πούμε ότι ένα αντικείμενο που πέφτει κάτω δε δημιουργεί ήχο, αλλά κύματα πίεσης. Ο ήχος δημιουργείται μόνο όταν τα κύματα πίεσης γίνουν αντιληπτά από έναν ζωντανό οργανισμό.

Το νόημα είναι ότι οι αντιλήψεις του ανθρώπου δεν είναι άμεσες αισθητηριακές καταγραφές του φυσικού κόσμου που τον περιβάλλει, αλλά δημιουργούνται εσωτερικά σύμφωνα με εγγενείς κανόνες και περιορισμούς που επιβάλλονται από τις ικανότητες του νευρικού συστήματος. Ο Kant ονόμασε τους έμφυτους αυτούς περιορισμούς προγνώση. Είπε ότι ο νους δεν είναι παθητικός αποδέκτης αισθητικών εντυπώσεων, αλλά έχει τέτοια δομή που προσαρμόζεται σε ιδεατές ή αντικειμενικές προϋπάρχουσες κατηγορίες όπως ο χώρος, ο χρόνος και η αιτιότητα, οι οποίες υπάρχουν ανεξάρτητα από φυσικό ερεθισμό του σώματος. Βέβαια, είδαμε στα προηγούμενα ότι ο χώρος, ο χρόνος και η αιτιότητα, όπως τα αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος είναι πολύ διαφορετικές έννοιες από τις ομώνυμες που μας περιγράφει η σύγχρονη φυσική. Αυτό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η αντίληψη δε βασίζεται στην άμεση αισθητηριακή καταγραφή, μας υποβάλλει έναν προβληματισμό όσον αφορά τη δυνατότητα που έχουμε ως ανθρώπινα όντα να αποδώσουμε καθολικά και αντικειμενικά το φυσικό κόσμο που μας περιβάλλει.

Λειτουργία των αισθητικών συστημάτων

Κρατώντας υπόψη μας αυτόν τον προβληματισμό, θα περιγράψουμε τα αισθητικά συστήματα και τις λειτουργίες τους. Τα αισθητικά συστήματα δέχονται πληροφορίες από το περιβάλλον μέσω εξειδικευμένων κυττάρων της περιφέρειας του σώματος και τις διαβιβάζουν στο κεντρικό νευρικό σύστημα.

Οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται από τον οργανισμό μας για λειτουργίες όπως η αντίληψη, ο έλεγχος των κινήσεων, η ρύθμιση των λειτουργιών των εσωτερικών οργάνων και η διατήρηση της εγρήγορσης. Ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να σημειώσουμε εδώ είναι ότι δε συνειδητοποιούνται όλες οι αισθητικές πληροφορίες. Για παράδειγμα, εκτός από τα εξωτερικά ερεθίσματα, δεχόμαστε αισθητικές πληροφορίες και από το εσωτερικό του σώματος που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας, της πίεσης του αίματος, του καρδιακού ρυθμού κ.α. Η ρύθμιση των βασικών αυτών λειτουργιών, συνήθως, δε συνειδητοποιείται.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι ότι όλες οι αισθήσεις έχουν ορισμένες κοινές βασικές ιδιότητες, όπως το είδος, η ένταση, η διάρκεια και η εντόπιση. Το 1826, ο Johannes Müller διατυπώνοντας τους νόμους των ειδικών αισθητικών ενεργειών υποστήριξε ότι το είδος αίσθησης είναι μια ιδιότητα της αισθητικής νευρικής ίνας και ότι κάθε νευρική ίνα δραστηριοποιείται από ένα συγκεκριμένο τύπο ερεθίσματος, κάτι που έχει αποδειχτεί. Ακόμα, διαφορετικές ίνες έχουν διαφορετικές συνδέσεις στο νευρικό σύστημα. Έτσι, διαφορετικά αισθητικά είδη διεκπεραιώνονται από διαφορετικές αισθητικές νευρικές ίνες οι οποίες έχουν διαφορετικές θέσεις κατάληξης στον εγκέφαλο.

Όσον αφορά την ένταση εξαρτάται από την ισχύ του ερεθίσματος. Αυτό που είναι σημαντικό είναι ότι το άτομο έχει ένα όριο ως προς την χαμηλότερη ένταση ερεθίσματος που μπορεί να αντιληφθεί, το οποίο, όμως, δεν είναι αμετάβλητο. Μπορεί να επηρεαστεί από την εμπειρία, την κούραση, ή το πλαίσιο μέσα στο οποίο παρουσιάζεται το ερέθισμα. Η διάρκεια μιας αίσθησης είναι συνάρτηση της διάρκειας και της ισχύος του ερεθίσματος, ενώ η εντόπιση αναφέρεται στο ότι οι περισσότερες αισθήσεις γίνονται αντιληπτές σαν να προέρχονται από μια ειδική πηγή στο χώρο είτε στο σώμα είτε έξω από αυτό. Η ικανότητα εντόπισης της πηγής του ερεθισμού εξαρτάται από την ικανότητα διαφοροποίησης των ερεθισμάτων που βρίσκονται πολύ κοντά το ένα στο άλλο.

Οι κοινές ιδιότητες των αισθήσεων που περιγράφηκαν παραπάνω αντιστοιχούν στις κοινές ιδιότητες των ερεθισμάτων που διεγείρουν τις αισθήσεις. Πιθανόν αυτό να είναι μια αιτία για την όμοια ανατομική οργάνωση όλων των αισθητικών συστημάτων. Μπορούμε, λοιπόν, να περιγράψουμε

τους νευρικούς μηχανισμούς της αντίληψης συνολικά αφού παρουσιάζουν ομοιότητα ως προς τις αρχές λειτουργίας.

Έτσι, σε κάθε αισθητικό σύστημα έχουμε την αρχική επαφή με τον έξω κόσμο μέσω των κυττάρων που ονομάζονται αισθητικοί υποδοχείς. Το κάθε ένα από αυτά έχει ευαισθησία σε μία μόνο μορφή φυσικής ενέργειας, αλλά όλες οι ενέργειες ερεθισμάτων μετασχηματίζονται σε ηλεκτροχημική ενέργεια. Για να μετατραπεί τώρα η ενέργεια του ερεθίσματος σε νευρική εκφόρτιση, διέρχεται δύο στάδια. Το πρώτο είναι η μετατροπή της ενέργειας του ερεθίσματος σε μια τοπική εκπόλωση ή υπερπόλωση της μεμβράνης του υποδεκτικού κυττάρου και το δεύτερο, η νευρική κωδίκευση με την οποία το τοπικό νευρικό σήμα προκαλεί εκφόρτιση δυναμικών ενεργείας τα οποία αντιπροσωπεύουν πληροφορίες του ερεθίσματος. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να μεταδοθούν είτε από ένα μόνο νευρώνα είτε από πολλούς.

Όσον αφορά τους αισθητικούς υποδοχείς αυτοί χωρίζονται σε πέντε κύριους τύπους: χημειοϋποδοχείς (γεύση, όσφρηση, αφή), μηχανοϋποδοχείς (ακοή, ισορροπία, αφή), θερμοϋποδοχείς (αφή), φωτοϋποδοχείς (όραση) και αλγοϋποδοχείς (αφή). Κάθε υποδοχέας είναι ευαίσθητος σε μία μικρή περιοχή ερεθισμάτων και είναι ανάλογος της ποιότητας του ερεθίσματος. Στο σωματοαισθητικό και στο οσφρητικό σύστημα ο υποδοχέας είναι ένας νευρώνας που ονομάζεται πρωτοταγής αισθητικός νευρώνας. Η περιφερειακή απόληξη του νευρώνα μετατρέπει την ενέργεια του ερεθίσματος και μέσω του νευράξονα μεταδίδονται δυναμικά ενεργείας στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Στα άλλα αισθητικά συστήματα οι υποδοχείς είναι ειδικά κύτταρα που επικοινωνούν με έναν πρωτοταγή αισθητικό νευρώνα. Έτσι, η μετατροπή του ερεθίσματος και η νευρική κωδίκευση συνδυάζονται σε ένα υποδεκτικό κύτταρο στο σωματοαισθητικό και το οσφρητικό σύστημα, ενώ στα υπόλοιπα αισθητικά συστήματα γίνονται από χωριστά κύτταρα.

Τώρα, κάθε υποδοχέας και πρωτοταγής αισθητικός νευρώνας μπορεί να διεγερθεί μόνο από ερεθίσματα που προέρχονται από συγκεκριμένη περιοχή η οποία ονομάζεται υποδεκτικό πεδίο. Το μέγεθος του πεδίου αυτού είναι αντιστρόφως ανάλογο της διακριτικής ικανότητας των ερεθισμάτων. Δηλαδή, μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα επιτυγχάνεται από κύτταρα με μικρότερο υποδεκτικό πεδίο. Στη συνέχεια, η κεντρική αποφυάδα των πρωτοταγών αισθητικών νευρώνων καταλήγει σε δευτεροταγείς νευρώνες, οι οποίοι

στέλνουν ίνες σε νευρώνες ανώτερης τάξης. Οι αισθητικές πληροφορίες διαβιβάζονται από τον ένα νευρώνα στον επόμενο στους πυρήνες αναμετάδοσης που περιέχουν προβλητικούς νευρώνες οι οποίοι στέλνουν τον νευράξονα στον επόμενο πυρήνα αναμετάδοσης της αισθητικής οδού. Να σημειώσουμε εδώ ότι ο θάλαμος του εγκεφάλου είναι σταθμός για όλες σχεδόν τις αισθητικές οδούς προς το φλοιό των εγκεφαλικών ημισφαιρίων. Χωριστοί πυρήνες αναμετάδοσης στο θάλαμο είναι ειδικοί για κάθε αισθητικό σύστημα. Αξιοσημείωτο για τη λειτουργία της μετάδοσης είναι το γεγονός ότι παρόλο που ο κάθε προβλητικός νευρώνας δέχεται πολλαπλές πληροφορίες, η συναπτική δράση ορισμένων αισθητικών ινών είναι τόσο αποτελεσματική που μπορεί να διαβιβάσει τις πληροφορίες με υψηλή πιστότητα.

Συνεχίζοντας πάνω στη διαδικασία της μετάδοσης πληροφοριών ξέρουμε ότι τα αισθητικά συστήματα αποτελούνται από διάφορες ανεξάρτητες προσαγωγούς οδούς στον εγκέφαλο, κάθε μια από τις οποίες μεταβιβάζει μια συγκεκριμένη υποκατηγορία αίσθησης. Κάθε οδός οργανώνεται ιεραρχικά, όπως είδαμε πριν. Δηλαδή, η διαδικασία ξεκινώντας από τους υποδοχείς προβάλλει στους πρωτοταγείς νευρώνες, οι οποίοι προβάλλουν στους δευτεροταγείς κι αυτοί στους ανώτερης τάξης νευρώνες. Παρόλο, όμως, που κάθε οδός είναι οργανωμένη σε σειρά, οι διάφορες οδοί είναι μεταξύ τους οργανωμένες παράλληλα. Για παράδειγμα, στο οπτικό σύστημα, ενώ οι οδοί που αντιπροσωπεύουν τις υποκατηγορίες του αισθητικού συστήματος δουλεύουν σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα, οι πληροφορίες για το χρώμα, τη μορφή, την κίνηση του αντικειμένου, προέρχονται από χωριστές παράλληλες οδούς οι οποίες συγκλίνουν στο φλοιό των εγκεφαλικών ημισφαιρίων. Εκεί συνδυάζονται οι πληροφορίες της κάθε αισθητηριακής υποκατηγορίας και δημιουργείται η αντίληψη της κατάστασης του αντικειμένου συνολικά.

Νευρώνες

Στο σημείο αυτό, αφού είδαμε συνοπτικά τη διαδικασία μετάδοσης πληροφοριών στον εγκέφαλο, από τα αισθητικά συστήματα, και πριν προχωρήσουμε στο σχολιασμό τους, θεωρούμε σκόπιμο να αναφέρουμε

ορισμένα πράγματα για τους νευρώνες και τη λειτουργία τους, αφού αυτά τα κύτταρα είναι που κάνουν όλη τη δουλειά υποδοχής και μεταφοράς.

Ο νευρώνας έχει τέσσερις μορφολογικά καθορισμένες περιοχές: το κυτταρικό σώμα, τους δένδριτες, το νευράξονα και τα προσυναπτικά τελικά κομβία. Το κυτταρικό σώμα είναι το κέντρο μεταβολισμού του κυττάρου. Οι δένδριτες και ο νευράξονας είναι προεκβολές του κυτταρικού σώματος. Οι δένδριτες είναι πολύ και διακλαδίζονται χρησιμεύοντας ως συσκευή υποδοχής σημάτων από άλλα νευρικά κύτταρα, ενώ ο νευράξονας είναι μοναδικός για κάθε νευρώνα και εκπορεύεται από εξειδικευμένη περιοχή του κυτταρικού σώματος.

Ο νευράξονας έχει διάμετρο μεταξύ 0,2 και 20 μm και είναι η κύρια μονάδα αγωγής του νευρώνα. Μπορεί να μεταφέρει ηλεκτρικά σήματα σε μήκος που κυμαίνεται μεταξύ 0,1 mm και 2 m. Σημαντικό είναι ότι τα ηλεκτρικά σήματα που καλούνται δυναμικά ενεργείας είναι νευρικές ώσεις του τύπου όλο ή τίποτα. Το εύρος τους είναι 100 mV και η διάρκειά τους είναι περίπου 1ms. Μπορούν να διατρέχουν το νευράξονα χωρίς αποτυχία ή παραμόρφωση με ταχύτητες μεταξύ 1 και 100m/s και το εύρος τους παραμένει σταθερό σε όλο το μήκος του νευράξονα.

Τα δυναμικά ενεργείας τα οποία χρησιμοποιούνται από τον εγκέφαλο για την υποδοχή, την ανάλυση και τη μεταφορά πληροφοριών είναι εντελώς τυποποιημένα σε όλο το νευρικό σύστημα. Αν και προκαλούνται από διάφορα γεγονότα του περιβάλλοντος που έρχονται σε επαφή με το σώμα μας -φως, ωστικά κύματα κλπ. - τα σήματα που μεταφέρουν πληροφορίες είναι όμοια είτε πρόκειται για την όραση είτε για την όσφρηση είτε για οποιοδήποτε άλλο είδος αίσθησης. Δηλαδή, η πληροφορία που μεταφέρεται δεν καθορίζεται από τον τύπο του σήματος αλλά από την οδό του εγκεφάλου στην οποία οδεύει το σήμα. Είναι ο εγκέφαλος αυτός που θα αναλύσει και θα ερμηνεύσει τα σχέδια των εισερχομένων ηλεκτρικών σημάτων και θα δημιουργήσει την αντίληψη.

Οι νευρώνες, τώρα, λειτουργούν με βάση δύο αρχές. Πρώτον, την αρχή της δυναμικής πόλωσης, σύμφωνα με την οποία τα ηλεκτρικά σήματα άγονται προς μία προβλέψιμη σταθερή κατεύθυνση και μόνο προς αυτή, σε ένα νευρικό κύτταρο. Δεύτερον την αρχή της εξειδίκευσης σύνδεσης. Η αρχή αυτή έχει δύο συνέπειες. Μία είναι ότι τα νευρικά κύτταρα χωρίζονται με μία

σχισμή, δεν έχουν δηλαδή κυτταροπλασματική συνέχεια. Η άλλη συνέπεια είναι ότι κάθε κύτταρο επικοινωνεί με ορισμένους μόνο μετασυναπτικούς κυτταρικούς στόχους και πάντα σε εξειδικευμένες θέσεις συναπτικής επαφής. Αυτές οι αρχές αποτελούν την κυτταρική βάση της σύγχρονης συνδετικής προσέγγισης του εγκεφάλου.

Όσον αφορά τη λειτουργία τους οι νευρώνες διαχωρίζονται σε τρεις κύριες ομάδες: τους αισθητικούς ή προσαγωγούς που μεταφέρουν στο νευρικό σύστημα πληροφορίες για την αντίληψη και τον κινητικό συντονισμό, τους κινητικούς που μεταφέρουν εντολές σε μυς και αδένες και τους διάμεσους που είναι νευρώνες αναμετάδοσης ή προβολής και μεταφέρουν πληροφορίες σε μεγάλες αποστάσεις.

Οι διαδικασίες που ακολουθούνται σε κάθε νευρώνα προκειμένου να παραχθεί μια συμπεριφορά είναι ίδιες για όλους τους νευρώνες ανεξαρτήτως μορφής και λειτουργικότητας του καθενός. Έτσι, μπορούν όλοι να περιγραφούν με ένα νευρώνα μοντέλο που έχει τέσσερις λειτουργικές περιοχές που παράγουν τέσσερις τύπους σημάτων, σε διαφορετικά σημεία του κυττάρου. Αυτές είναι: ένα τοπικό στοιχείο εισόδου (υποδοχής), που δημιουργεί το σήμα εισόδου, ένα στοιχείο ολοκλήρωσης (εκκίνησης), που παράγει το σήμα εκκίνησης, ένα στοιχείο αγωγής για το σήμα μετάδοσης και ένα στοιχείο εξόδου για την έξοδο του σήματος.

Για να λειτουργήσουν οι νευρώνες σαν ηλεκτρικά στοιχεία διατηρούν μια διαφορά ηλεκτρικού φορτίου της τάξης των 65 mV κατά μήκος της κυτταρικής μεμβράνης τους. Η διαφορά αυτή ονομάζεται δυναμικό ηρεμίας της μεμβράνης και δημιουργείται από την άνιση κατανομή ιόντων νατρίου, καλίου, χλωρίου και άλλων ανιόντων εκατέρωθεν της κυτταρικής μεμβράνης. Ορίζοντας μηδενικό το δυναμικό έξω από τη μεμβράνη καθορίζουμε το δυναμικό ηρεμίας σε -65 mV . Αν τώρα το νευρικό κύτταρο διεγερθεί, το δυναμικό ηρεμίας μεταβάλλεται και δημιουργείται ένας ηλεκτρικός μηχανισμός μετάδοσης σημάτων. Για παράδειγμα αν υπάρξει μια μεταβολή 10 mV (στα -55 mV) προκαλείται η έναρξη ενός δυναμικού ενεργείας. Το εύρος του δυναμικού στο σημείο προορισμού του παραμένει το ίδιο με αυτό που ήταν κατά την έναρξη του σήματος. Η αύξηση του δυναμικού μεμβράνης (από -65 σε -75 mV) ονομάζεται υπερπόλωση και η κατάσταση αυτή είναι ανασταλτική για τη γέννηση σήματος, ενώ η μείωση (από -65 σε -55 mV) ονομάζεται

εκπόλωση και αυξάνει την ικανότητα του κυττάρου να δημιουργήσει δυναμικό ενεργείας και άρα είναι μία διεγερτική κατάσταση. Πάντως, και τα υπερπολωτικά και τα εκπολωτικά δυναμικά απαντούν στα αισθητικά συστήματα.

Αυτό που είναι σημαντικό όσον αφορά την ηλεκτρική λειτουργία είναι ότι το μεταδιδόμενο σήμα είναι του τύπου όλο ή τίποτα. Αυτό σημαίνει ότι τα ερεθίσματα που δεν ξεπερνούν το "αισθητηριακό" κατώφλι δε μπορούν να δημιουργήσουν σήμα ενώ όσα το υπερβαίνουν δημιουργούν το ίδιο σήμα. Αυτό σημαίνει ότι ανεξάρτητα από τη διαφορά των ερεθισμάτων σε ένταση ή χρόνο, το εύρος και η διάρκεια του σήματος είναι πάντα ίδια. Ακόμα ένα σημαντικό χαρακτηριστικό είναι ότι τα δυναμικά ενεργείας εμφανίζουν έντονη στερεοτυπία σε όλη την έκταση του νευρικού συστήματος, όπως απέδειξε ο Άγγλος φυσιολόγος Edgar Adrian τη δεκαετία του 1920. Ο Adrian ανακάλυψε ότι όλα τα δυναμικά ενεργείας, οπουδήποτε κι αν εκδηλώνονται στο νευρικό σύστημα έχουν παρόμοια κυματομορφή στον παλμογράφο.

Στο μεταδιδόμενο σήμα, λοιπόν, που άγει την πληροφορία σημασία έχουν μόνο ο αριθμός των δυναμικών ενεργείας και τα χρονικά διαλείμματα μεταξύ τους. Έτσι, αυτό που καθορίζει την ένταση της αίσθησης και την ταχύτητα κίνησης είναι η συχνότητα των δυναμικών και όχι το μέγεθος ή η διάρκειά τους, αφού όπως είπαμε τα δυναμικά είναι του τύπου όλο ή τίποτα. Αυτό το χαρακτηριστικό της μετάδοσης σημάτων στο νευρικό σύστημα είναι πολύ σημαντικό, αν σκεφτούμε ότι αφού οι μηχανισμοί μετάδοσης σημάτων είναι στερεότυποι, δεν αντικατοπτρίζουν ιδιότητες του ερεθίσματος. Για να διαφοροποιηθούν, λοιπόν, οι πληροφορίες, αφού ο τρόπος αγωγής είναι ίδιος για όλες, βγάζουμε το συμπέρασμα ότι το μήνυμα ενός δυναμικού ενεργείας καθορίζεται εξ ολοκλήρου από την νευρική οδό μέσω της οποίας μεταφέρεται.

Από εκεί και πέρα, για να προκληθεί μία σύνθετη λειτουργία στον εγκέφαλο του ανθρώπου χρειάζεται να συνεισφέρουν πολλά κύτταρα. Έτσι, πολλές ομάδες νευρώνων κινητοποιούνται για τη μετάδοση πληροφοριών, με τη διαδικασία της παράλληλης επεξεργασίας. Από εξελικτική σκοπιά, η παράλληλη επεξεργασία έχει το νόημα ότι αυξάνει τον πλούτο και την αξιοπιστία των λειτουργιών μέσα στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Οι νευρώνες με ίδιες ιδιότητες μπορούν να επιτελούν διαφορετικές λειτουργίες λόγω ακριβώς των συνδέσεων του νευρικού συστήματος οι οποίες επιτρέπουν την

παράλληλη επεξεργασία. Οι συνδέσεις αυτές εγκαθίστανται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του εγκεφάλου και καθορίζουν το ρόλο του κάθε κυττάρου στη συμπεριφορά. Αυτό, δηλαδή, που κάνει εφικτή την επεξεργασία πολύπλοκων πληροφοριών δεν είναι η πολυπλοκότητα των επιμέρους στοιχείων, αλλά η πολυπλοκότητα των συνδέσεων μεταξύ των πολλών στοιχείων.

Νευρικό σύστημα και υπολογιστικές μηχανές

Στο σημείο αυτό οφείλουμε να αναφέρουμε τη συσχέτιση που επιχειρεί ο Norbert Wiener ανάμεσα στο νευρικό σύστημα και τις υπολογιστικές μηχανές. Με αφορμή τη λειτουργία των νευρώνων με βάση την αρχή όλο ή τίποτα, επισημαίνει ότι μπορούν να λειτουργήσουν ιδανικά ως ρελέ δύο καταστάσεων. Αυτό είναι αληθές, εφόσον, όπως προαναφέραμε, τα νευρώνια είτε διεγείρονται είτε βρίσκονται σε ηρεμία, περνούν από μια σειρά μεταβολών που είναι ανεξάρτητες από τη φύση και την ένταση του ερεθίσματος. Έτσι, ο Wiener υποστήριξε ότι τα νευρικά συστήματα του ανθρώπου και των ζώων μπορούν να κάνουν τη δουλειά ενός υπολογιστικού συστήματος. Αναφέρεται πιο συγκεκριμένα στη λειτουργία της μνήμης που είναι εξίσου απαραίτητη στον άνθρωπο και στην υπολογιστική μηχανή. Βέβαια, υπάρχει η μνήμη που είναι αναγκαία για την επιτέλεση μιας τρέχουσας εργασίας της οποίας τα ενδιάμεσα αποτελέσματα δεν έχουν αξία από τη στιγμή που θα ολοκληρωθεί η διαδικασία. Μια τέτοια μνήμη στη μηχανή είναι απαραίτητη για να γίνει, για παράδειγμα, ο πολλαπλασιασμός και πρέπει να καταγράφει γρήγορα, να διαβάζει γρήγορα και εξίσου γρήγορα να καθαρίζει. Από την άλλη, υπάρχει η μνήμη που προορίζεται να αποτελεί μέρος της οργάνωσης, δηλαδή η διαρκής καταχώριση της μηχανής ή του εγκεφάλου. Αυτή η μνήμη έχει βασική συμβολή στη μελλοντική συμπεριφορά του ανθρώπου και της μηχανής. Ο εγκέφαλος, όμως, διαφέρει από τη μηχανή στο ότι δεν έχει τη μνήμη που αναφέρθηκε πρώτη. Ενώ, δηλαδή, η μηχανή μπορεί να επιτελεί πολλές διαδοχικές διαδικασίες χωρίς καμία αναφορά από τη μία στην άλλη και μετά να καθαρίζει από μια τέτοια διαδικασία, ο εγκέφαλος ποτέ δεν διαγράφει τις προηγούμενες εγγραφές που δέχεται κατά τη φυσική του εξέλιξη. Δηλαδή, ο εγκέφαλος δεν είναι το πλήρες

ανάλογο της υπολογιστικής μηχανής, αλλά μάλλον, το ανάλογο μιας μόνο διαδικασίας αυτής της μηχανής.

Στο έργο του Wiener συναντάμε μια ακόμα πολύ ενδιαφέρουσα διαπίστωση που αφορά τις μεθόδους αποθήκευσης πληροφορίας. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι πολλές μέθοδοι αποθήκευσης έχουν ως κοινό φυσικό στοιχείο το γεγονός ότι εξαρτώνται από συστήματα με υψηλό κβαντικό εκφυλισμό, δηλαδή συστήματα με πολλές ενεργειακές στάθμες στην ίδια συχνότητα. Αυτό συμβαίνει, για παράδειγμα, στην περίπτωση των σιδηρομαγνητικών υλικών και των υλικών με πολύ υψηλή διηλεκτρική σταθερά που είναι πολύ χρήσιμα σε πυκνωτές αποθήκευσης πληροφορίας. Ο κβαντικός εκφυλισμός, όμως, φαίνεται ότι σχετίζεται με τη δυνατότητα παραγωγής αξιόλογων και ευσταθών αποτελεσμάτων από μικρές αιτίες. Από την άλλη, προβλήματα του μεταβολισμού και της αναπαραγωγής σχετίζονται επίσης με ουσίες που παρουσιάζουν υψηλό βαθμό κβαντικού εκφυλισμού. Η σπουδαιότητα. Λοιπόν, της σύγκρισης έγκειται στο γεγονός ότι σε ένα μη ζωντανό περιβάλλον συναντάμε τα ίδια φαινόμενα που βρίσκονται σε μία θεμελιώδη ιδιότητα της ζώσας ύλης, όπως είναι η ικανότητα λήψης και οργάνωσης ώσεων με τρόπο ώστε να καθίστανται αποτελεσματικές επί του εξωτερικού κόσμου.

Όλα αυτά που αναφέρονται εδώ για το έργο του Wiener, σαν παρένθεση στο κείμενο, στοχεύουν αφενός στην ανάδειξη της διεπιστημονικής συνάφειας ακόμα και σε κλάδους που φαίνονται μακρινοί και αφετέρου στις προοπτικές που υπάρχουν για έρευνα και πειραματισμό με μεθόδους που ξεφεύγουν από την περιχαράκωση του κάθε κλάδου. Εξάλλου, η διαπίστωση ότι άψυχα αντικείμενα μπορούν να έχουν ιδιότητες και λειτουργίες όμοιες με της ζώσας ύλης εγείρει, για παράδειγμα, το ερώτημα του τι αναζητάμε όταν ψάχνουμε για άλλες μορφές ζωής.

Νέες ιδέες, σχόλια και παραδείγματα

Έχοντας τώρα μια συνοπτική περιγραφή των αισθητικών συστημάτων και διαδικασιών, καθώς και των στοιχείων που επιτελούν όλες τις λειτουργίες, των νευρώνων, μπορούμε να προχωρήσουμε σε ορισμένα σχόλια πάνω σε αυτά. Καταρχήν, το βασικότερο που είδαμε στα προηγούμενα είναι ότι οι αντιλήψεις του ανθρώπου διαφέρουν ποιοτικά από τις φυσικές ιδιότητες των ερεθισμάτων που λαμβάνει με τα αισθητήρια όργανά του. Όλο το οικοδόμημα του αντιληπτού κόσμου δε σχηματίζεται από την παθητική επαφή με τις ιδιότητες των αντικειμένων, αλλά δημιουργείται από τον ανθρώπινο νου, αφού λάβει ορισμένα σήματα. Η αντίληψη είναι μια δημιουργική διαδικασία του ανθρώπινου εγκεφάλου. Η διαπίστωση αυτή είναι πολύ σημαντική για την ικανότητα του ανθρώπου για επικοινωνία (με φυσικούς όρους) με τον κόσμο, και παράλληλα η διαδικασία της αντίληψης αποτελεί μυστήριο που προσεγγίζεται μόνο τμηματικά. Αν λάβουμε υπόψη μας τα στοιχεία των προηγούμενων κεφαλαίων, διαπιστώνουμε ότι μια νέα προσέγγιση του εγκεφάλου, με στοιχειώδεις φυσικούς όρους ύλης - ενέργειας, πιθανόν να αναδείξει δυνατότητες που τώρα δεν έχουμε τρόπο να τις πιστοποιήσουμε. Ίσως η υπόθεση αυτή να φαίνεται τραβηγμένη, αλλά είδαμε στα προηγούμενα ότι η αναγωγή στις πρωταρχικές φυσικές έννοιες εξομοιώνει καταστάσεις που φαίνονται διαφορετικές και ουσιαστικά καταργεί τα σύνορα των εννοιών. Η αντιμετώπιση αυτή, υπό το πρίσμα των φυσικών επιστημών, δεν αποτελεί τότε αναγωγή, αλλά απλά εισαγωγή ενός καινούργιου εννοιολογικού πλαισίου.

Όσον αφορά τώρα τις επιμέρους ιδιότητες των αισθητικών λειτουργιών είδαμε ότι οι αισθητικές λειτουργίες δε συνειδητοποιούνται στο σύνολό τους. Βέβαια αυτό αναφέρθηκε για τις αισθητικές λειτουργίες του εσωτερικού του σώματος, λειτουργίες που είναι βασικές για τη διατήρηση της ζωής. Η μη συνειδητοποίηση, όμως, δεν απαγορεύει κατ' ανάγκη την τελεολογική απόδοση των σκοπών. Παράδειγμα είναι, εκτός από τα παραπάνω, η ενστικτώδης λειτουργία του ανθρώπου και των ζώων. Αυτό που έχει ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε εδώ, είναι ότι υπάρχουν αισθητικές πληροφορίες απαραίτητες στον άνθρωπο, και όμως μη συνειδητές. Με το σκεπτικό, λοιπόν, ότι οι αισθήσεις έχουν την αποστολή να κρατούν τον εγκέφαλο συνεχώς ενήμερο για τον κόσμο, δε μπορούμε να αποκλείσουμε

την υπόθεση, ο ανθρώπινος εγκέφαλος να λειτουργεί ως υπερευαίσθητος δέκτης, σε ένα επίπεδο όμως που ακόμα δε μπορεί να ενσωματώσει τις πληροφορίες ανταποκρινόμενο συνειδητά. Η υπόθεση αυτή, βέβαια, φαίνεται ότι προσεγγίζει περισσότερο φαινόμενα που χαρακτηρίζονται παραψυχολογικά, τα οποία συνήθως απορρίπτονται με σφοδρότητα από τον επιστημονικό ορθολογισμό. Η επιστήμη, όμως, έχει συγκεκριμένη μεθοδολογία στους τρόπους ελέγχου και μετρήσεως των διαφόρων φυσικών ποσοτήτων που σίγουρα δεν είναι πλήρεις και δεν καλύπτουν όλες τις περιπτώσεις. Έτσι, τα φαινόμενα που δε μπορούν να ενσωματωθούν στη θεωρία και δεν έχουν πειραματική επιβεβαίωση, είτε απορρίπτονται είτε τίθενται σε 'καραντίνα' μέχρι να βρεθούν ισχυρά - πειραματικά συνήθως - τεκμήρια για αυτά.

Θα δούμε όμως τώρα ένα παράδειγμα που μας αποκαλύπτει πως κάποιος άνθρωπος θα μπορούσε να έχει ευρύτερη αντίληψη του κόσμου, ενώ πιθανότατα θα χαρακτηριζότανε πνευματικά ασταθής ή απατεώνας. Δεν υποστηρίζουμε ότι αυτό που θα περιγραφεί παρακάτω έχει συμβεί ή είναι αληθές, αλλά το παράδειγμα έχει μεγάλο ενδιαφέρον γιατί βασίζεται σε μαθηματική επιχειρηματολογία που είναι επιστημονικά αποδεκτή και από πλευράς λογικής η πιο αυστηρή. Το παράδειγμα προέρχεται από το βιβλίο του Edwin A. Abbot "Η Επιπεδοχώρα".

Σε αυτό το διήγημα υπάρχει ένας κόσμος πάνω σε ένα επίπεδο με κατοίκους διδιάστατα γεωμετρικά σχήματα, τρίγωνα, τετράγωνα κλπ. Όπως είναι φανερό, οι κάτοικοι αυτού του κόσμου, της επιπεδοχώρας, δεν έχουν αντίληψη του ύψους. Ο κόσμος τους έχει δύο μόνο διαστάσεις, μήκος και πλάτος. Κάποια μέρα ένα πλάσμα του τρισδιάστατου κόσμου, μια σφαίρα, επισκέπτεται έναν μαθηματικό της επιπεδοχώρας που έχει μορφή τετραγώνου, με σκοπό να του αποκαλύψει τα μυστικά της τρίτης διάστασης. Το τετράγωνο με την όραση και την αφή του αντιλαμβάνεται τη σφαίρα ως κύκλο, αφού η τομή της με το επίπεδο είναι πράγματι ένας κύκλος και το τετράγωνο έχει αντίληψη μόνο των δύο διαστάσεων, αφού αυτός είναι ο κόσμος του. Η σφαίρα μάταια προσπαθεί να του εξηγήσει την ύπαρξη της τρίτης διάστασης προβάλλοντας τις ιδιότητές της. Κινείται πάνω - κάτω στο επίπεδο και το τετράγωνο βλέπει ένα σημείο που διευρύνεται σε κύκλο που μεγαλώνει ως ένα μέγιστο και ξαναμικραίνει ώσπου να γίνει πάλι σημείο και να εξαφανιστεί. Για το τετράγωνο αυτό είναι ανεξήγητο φαινόμενο αφού δεν

έχει άμεση αισθητηριακή αντίληψη, δεν κατανοεί τη διάσταση ύψος. Όμως, για εμάς, η κάθετη κίνηση της σφαίρας στο επίπεδο, είναι προφανές ότι αφήνει αυτά τα ίχνη. Άραγε, η τομή μιας τετραδιάστατης ύπαρξης με τον κόσμο μας των τριών διαστάσεων, τι εικόνα θα προκαλούσε; Δε θα ήταν ένα ανεξήγητο φαινόμενο;

Στη συνέχεια, η σφαίρα προσπαθεί να εξηγήσει γεωμετρικά στο τετράγωνο, μια κι αυτό έχει την ιδιότητα του μαθηματικού. Το προκαλεί να προεκτείνει νοητά ένα τετράγωνο κάθετα στο επίπεδό του για να διαπιστώσει ότι θα προκύψει ένας κύβος. Αδύνατον. Για το τετράγωνο της επιπεδοχώρας δεν υπάρχει καθετότητα σε ένα διδιάστατο αντικείμενο, αφού δεν υπάρχει τρίτη διάσταση. Εμείς, άραγε, μπορούμε να φανταστούμε τι θα προκύψει αν προεκτείνουμε ένα κύβο κάθετα στο χώρο; Που είναι η διεύθυνση κάθετα για τον κύβο; Τελικά η σφαίρα παίρνει μαζί της το τετράγωνο στο χώρο των τριών διαστάσεων. Ένας κόσμος πιο μαγικός από τη φαντασία του είναι τώρα μπροστά του. Μπορεί να δει την επιπεδοχώρα του από ψηλά, να καταλάβει την έννοια ενός στερεού με το να σκαρφαλώσει πάνω του και να το ψηλαφίσει. Η χαρά του είναι πολύ μεγάλη. Ανυπομονεί τώρα να γνωρίσει τους κόσμους των τεσσάρων, των πέντε και παραπάνω διαστάσεων. Η σφαίρα δυσανασχετεί από τις απαιτήσεις του και τον αποτρέπει ως προς την ύπαρξη αυτών των κόσμων. Έχει τους δικούς της "αισθητηριακούς" περιορισμούς και προκαταλήψεις. Το τετράγωνο, γυρνώντας στον κόσμο του, προσπαθεί να εξηγήσει στους υπόλοιπους την έννοια της τρίτης διάστασης, δεν έχει όμως τον τρόπο να εξηγήσει την κατεύθυνση "προς τα πάνω". Η κοινωνία του αποφασίζει τη φυλάκισή του ως αιρετικού και απατεώνα.

Το βιβλίο του Abbot αποτελεί ένα πανέμορφο έργο φαντασίας και παράλληλα μια καυστική κοινωνική σάτιρα. Ας φανταστούμε τώρα με τη σειρά μας τι θα γινόταν αν κάποιος άνθρωπος προσπαθούσε να μας περιγράψει εμπειρίες που έχει βιώσει στον τετραδιάστατο χώρο. Ξέρουμε ότι οι αισθήσεις μας μας περιορίζουν στον τρισδιάστατο κόσμο μας. Ξέρουμε, όμως, και ότι όλες οι αισθητικές λειτουργίες δεν είναι συνειδητές και ακόμα δε μπορούμε να περιγράψουμε παρά μόνο τμηματικά τη διαδικασία της αντίληψης, που όπως είπαμε είναι μια δημιουργική διαδικασία. Από την άλλη, ας μην ξεχνάμε ότι η σχετικότητα μας έχει επισημάνει και μάλιστα με πειραματικές αποδείξεις ότι ο

κόσμος μας είναι στην πραγματικότητα τετραδιάστατος. Αν τα συνδυάσουμε όλα αυτά καταλαβαίνουμε ότι η πιθανότητα να έχει κάποιο ανθρώπινο ον εμπειρίες του τετραδιάστατου πραγματικού χώρου δεν είναι ανύπαρκτη. Άραγε, πως θα τις χαρακτηρίζαμε;

Το σίγουρο είναι ότι μπορούμε να βρούμε επιχειρήματα βασισμένα στην επιστημονική μέθοδο, που να καλύπτουν κάποια τουλάχιστον από τα φαινόμενα που χαρακτηρίζονται ανεξήγητα. Δεν είναι ανάγκη να απορρίπτουμε *a priori* ότι δεν "χωράει" σε κάποιο επιστημονικό κλάδο. Η διεπιστημονική προσέγγιση μπορεί να αποδειχτεί πιο αποτελεσματική. Εξάλλου, ο άνθρωπος μπορεί να νομίζει ότι κατέχει προνομιακή θέση στο σύμπαν, αφού έχει τη δυνατότητα να περιγράφει και να εξηγεί τον κόσμο γύρω του, αλλά εκτός από παρατηρητής, είναι συμμετέχων στις διαδικασίες και εν τέλει ένα πολύ μικρό μέρος του σύμπαντος.

Συνεχίζοντας τώρα την κριτική επισκόπηση των αισθητικών συστημάτων θα αναφερθούμε σε παρατηρήσεις πάνω στις κοινές ιδιότητές τους. Είδαμε στα προηγούμενα ότι όλες οι αισθήσεις έχουν κοινές βασικές ιδιότητες που αντιστοιχούν στις κοινές ιδιότητες των ερεθισμάτων. Ακόμα, είδαμε ότι αυτός πιθανόν να είναι ένας λόγος για την όμοια ανατομική οργάνωση των αισθητικών συστημάτων. Αυτή η θεώρηση όμως, για να γίνει, έχει ήδη αντιμετωπίσει τα ερεθίσματα με όρους της φυσικής. Οι κοινές τους ιδιότητες είναι τέτοιες γιατί τα ερεθίσματα αντιμετωπίζονται ως κύματα (ηλεκτρομαγνητικά, ακουστικά κλπ) ή γενικώς φυσικά αντικείμενα, που ως τέτοια έχουν και μεταφέρουν ενέργεια, καταλαμβάνουν χώρο, μεταδίδονται εν χρόνω και γενικώς αλληλεπιδρούν με τον ανθρώπινο οργανισμό με φυσικούς όρους

Αυτή η αντιμετώπιση βοηθάει να παρουσιαστούν συνολικά οι ιδιότητες των αισθήσεων ως κοινές κι ακόμα να γίνουν υποθέσεις για την όμοια ανατομική τους οργάνωση, αλλά σαν μεθοδολογία είναι από τη μια αναλυτική, για τα εξωτερικά ερεθίσματα, κι από την άλλη συνθετική, για τις εσωτερικές λειτουργίες των αισθητικών συστημάτων. Επί των πρακτικών αποτελεσμάτων, η επιτυχία δεν αμφισβητείται, αλλά το πρόβλημα έχει επιμεριστεί και αντιμετωπιστεί διαφορετικά όσον αφορά το δέκτη (άνθρωπο) και τα ερεθίσματα. Αναφέραμε προηγουμένως ότι η ολιστική αντιμετώπιση με στοιχειώδεις φυσικούς όρους πιθανότατα θα δώσει νέες προοπτικές στην

έρευνα, ακόμα και στο επίπεδο του ανθρώπου ως δέκτη και του ανθρώπινου εγκεφάλου. Με βάση, λοιπόν, το γεγονός ότι οι κοινές ιδιότητες των αισθήσεων οφείλονται στις κοινές φυσικές "ποιότητες" των ερεθισμάτων, θα μπορούσαν και οι φορείς των ιδιοτήτων να αντιμετωπιστούν στους ίδιους όρους των "αντικειμένων" που προκαλούν αυτές τους τις ιδιότητες.

Είδαμε ακόμα ότι τα αισθητικά συστήματα αποτελούνται από διάφορες προσαγωγούς οδούς που μεταφέρουν στον εγκέφαλο συγκεκριμένες υποκατηγορίες αισθήσεων. Στην όραση, για παράδειγμα, οι νευρικές πληροφορίες που έχουν σχέση με τη μορφή, την κίνηση και το χρώμα μεταφέρονται από τρεις τουλάχιστον (και πιθανόν περισσότερες) παράλληλες και διαπλεκόμενες οδούς επεξεργασίας στον εγκέφαλο. Ενώ κάθε οδός οργανώνεται εν σειρά, όσον αφορά τα στοιχεία που παίρνουν μέρος στη μετάδοση, οι διάφορες οδοί είναι οργανωμένες παράλληλα. Η ύπαρξη των παράλληλων οδών, όμως, εγείρει το πρόβλημα της σύνδεσής τους. Πως, δηλαδή, ενώνονται σε μία εικόνα οι πληροφορίες που έρχονται από παράλληλες οδούς. Αυτό το ερώτημα εκτεινόμενο μας φέρνει μπροστά σε ένα κεντρικό πρόβλημα της γνωστικής λειτουργίας. Πως ο εγκέφαλος συγκροτεί τον κόσμο, ο οποίος γίνεται αντιληπτός μέσω των αισθητικών πληροφοριών και πως τον φέρνει στη συνείδηση.

Χαρακτηριστικά της αντιληπτικής διαδικασίας

Αναφέραμε και πιο πάνω ότι ο σχηματισμός της οπτικής αντίληψης διαφέρει από τη φωτογραφική απεικόνιση. Αυτό φαίνεται πολύ απλά με το γεγονός ότι ενώ στον αμφιβληστροειδή προβάλλονται διδιάστατες εικόνες, εμείς δημιουργούμε τρισδιάστατη αντίληψη του κόσμου. Ακόμα, όταν μετακινούμαστε ή όταν αλλάζει ο φωτισμός του περιβάλλοντος, το σχήμα, το μέγεθος και η φωτεινότητα των εικόνων στον αμφιβληστροειδή σαφώς αλλάζει, αλλά δεν αντιλαμβανόμαστε να αλλάζει και το ίδιο το αντικείμενο. Για παράδειγμα, αν κάποιος έρχεται προς το μέρος μας, η εικόνα του στον αμφιβληστροειδή μεγαλώνει, αλλά εμείς δεν τον αντιλαμβανόμαστε μεγαλύτερο, αλλά καταλαβαίνουμε ότι μας πλησιάζει.

Το γεγονός ότι η αντίληψη είναι μετασχηματιστική και άρα δημιουργική, επισημάνθηκε και εκτιμήθηκε μόλις πρόσφατα από τους ψυχολόγους της Gestalt (Μορφής). Η κεντρική άποψη των ψυχολόγων της μορφής είναι ότι η διεργασία της αντίληψης διαμορφώνει ενεργητικά την πλήρη μορφή, η οποία αναπτύσσεται συνειδητά, από τις λεπτομέρειες ενός ερεθίσματος. Δηλαδή, μια εικόνα που γίνεται αντιληπτή δεν είναι άθροισμα των αντιληπτικών στοιχείων της, αλλά τα στοιχεία είναι μάλλον επιλεκτικώς οργανωμένα από τον εγκέφαλό μας, έτσι ώστε να δημιουργούν μια μορφή, η οποία υπερβαίνει το άθροισμα των τμημάτων της. Ένα παράδειγμα που φέρνουν οι ψυχολόγοι της Gestalt είναι η σύγκριση της αντίληψης οπτικών μορφών με την αντίληψη μιας μελωδίας. Σε μια μελωδία δεν αναγνωρίζουμε την αλληλουχία από συγκεκριμένες νότες, αλλά την αμοιβαία σχέση τους. Όταν η μελωδία εκτελείται σε διαφορετικούς τόνους, εξακολουθεί να είναι αναγνωρίσιμη, γιατί η σχέση ανάμεσα στις νότες παραμένει η ίδια. Έτσι ακριβώς, είμαστε σε θέση να αναγνωρίζουμε εικόνες υπό διαφορετικές οπτικές συνθήκες, γιατί διατηρούνται οι σχέσεις μεταξύ των στοιχείων της εικόνας.

Οι ψυχολόγοι της μορφής υποστήριξαν ότι ο εγκέφαλος δημιουργεί ενεργητικώς πλήρεις αντιληπτικές παραστάσεις από λεπτομέρειες της οπτικής εικόνας, συνδυάζοντας τα στοιχεία που αντιστοιχούν κατά τον πιο ικανοποιητικό τρόπο σε αντικείμενα του πραγματικού κόσμου. Ο εγκέφαλος το κατορθώνει αυτό κάνοντας ορισμένες υποθέσεις που στηρίζονται εν μέρει στην εμπειρία και εν μέρει στην έμφυτη συνδεσμολογία για την όραση. Έτσι, το οπτικό σύστημα οργανώνει αυτές τις αντιληπτικές εργασίες ακολουθώντας ορισμένους έμφυτους νόμους που διέπουν το σχέδιο, το σχήμα, το χρώμα, την απόσταση και την κίνηση των αντικειμένων στο οπτικό πεδίο. Οι ψυχολόγοι της μορφής τα διευκρίνισαν όλα αυτά ως αρχές της αντίληψης.

Θα μπορούσαμε στη συνέχεια να αναφερθούμε στις ανατομικές οδούς για να συνθέσουμε το πρόβλημα σύνδεσης. Όμως, όπως αναφέρει ο Semir Zeki, ενώ το πρόβλημα ολοκλήρωσης φαίνεται απλό, στην πραγματικότητα δεν είναι. Συγκεκριμένα λέει "Λογικά, δε χρειάζεται τίποτα περισσότερο από τη σύνδεση όλων των σημάτων από τις εξειδικευμένες οπτικές περιοχές για να "αναφέρουν" τα αποτελέσματα της λειτουργίας τους σε μια κύρια περιοχή του φλοιού. Η κύρια αυτή περιοχή, στη συνέχεια, θα συνέθετε τις πληροφορίες που προέρχονται από τις διάφορες αυτές πηγές και θα έδινε την τελική εικόνα ή κάτι τέτοιο, μπορεί να σκεφτεί κανείς. Ο εγκέφαλος, όμως, έχει τη δική του

λογική... Δεν υπάρχει περιοχή του φλοιού στην οποία όλες οι άλλες περιοχές του φλοιού αναφέρονται αποκλειστικά, είτε στο οπτικό είτε σε οποιοδήποτε άλλο σύστημα. Τελικώς, ο φλοιός πρέπει να χρησιμοποιεί διαφορετική στρατηγική για τη δημιουργία της ολοκληρωμένης οπτικής εικόνας."

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Η ΖΩΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΛΕΥΡΑ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ

Θέσεις και μέθοδοι αντιμετώπισης

Στο προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε τα αισθητηριακά συστήματα του ανθρώπου, κυρίως από νευρολογική σκοπιά στην προσπάθειά μας να κατανοήσουμε τον άνθρωπο ως δέκτη ερεθισμάτων (πληροφοριών). Είδαμε τον τρόπο λειτουργίας των κύριων δομικών συστατικών, των νευρώνων, και την πολυπλοκότητα που παρουσιάζεται στη μεταφορά, κωδικοποίηση, αποσαφήνιση και σύνθεση των ερεθισμάτων με τη μορφή ηλεκτρικού σήματος. Χωρίς να έχουμε πλήρη γνώση όλης αυτής της διαδικασίας που, όπως αναφέραμε είναι δημιουργική, έχουμε ήδη αντιληφθεί τα ερωτηματικά που προκύπτουν σε σχέση με τον τρόπο αντιμετώπισης της τόσο ουσιώδους διαδικασίας της αντίληψης. Επισημάναμε, λοιπόν, στα προηγούμενα ότι ίσως μια ολιστική αντιμετώπιση του θέματος θα ήταν πιο πρόσφορη ως προς τα αποτελέσματα.

Θα εξετάσουμε τώρα τι σημαίνει ζωή γενικά από την πλευρά του φυσικού. Για τη φυσική επιστήμη, τα κύρια χαρακτηριστικά όλων των έμβιων συστημάτων είναι η πολυπλοκότητα και η οργάνωση. Και ο πιο απλός ακόμα ζωντανός οργανισμός παρουσιάζει ένα απίστευτα υψηλό βαθμό οργάνωσης και πολυπλοκότητας, πολύ ανώτερο από τις μηχανές και γενικά τα προϊόντα της ανθρώπινης εφευρετικότητας. Έχει τη δυνατότητα να αλληλεπιδρά με το περιβάλλον, να κινείται, να αμύνεται, να επιτίθεται, να ανταλλάσσει ύλη κ.α. Όλες αυτές οι λειτουργίες μπορούν, ίσως, να συγκριθούν σε οργανωτικό επίπεδο με αυτές μιας μεγάλης κοινωνίας με διοικητικά κέντρα, εμπόριο κλπ. Και πάλι διατηρούμε κάποια επιφύλαξη.

Μπορεί ακόμα και ο πιο απλός οργανισμός όπως ένα βακτήριο να αναπαράγεται χρησιμοποιώντας τη λεγόμενη χημική βάση της ζωής, το νουκλεϊκό οξύ DNA το οποίο σε τελική ανάλυση είναι απλά ένα οξύ, αρκετό όμως για να υπάρξει ένα "χημικό πρόγραμμα" που θα δώσει ζωή. Αναφέρουμε ότι το DNA είναι απλά ένα οξύ γιατί είναι πολύ σημαντικό να καταλάβουμε ότι κάθε βιολογικός οργανισμός είναι κατασκευασμένος από εντελώς κοινά άτομα. Άτομα που βρίσκονται παντού και σε αφθονία στη

φύση, όπως το οξυγόνο, το υδρογόνο, ο άνθρακας κ.α. Αυτά τα άτομα είναι τα ίδια και στη φύση και σε κάθε ζωντανό οργανισμό. Δεν υπάρχουν δηλαδή σπάνια και ξεχωριστά, πολύτιμα συστατικά στα έμβια πλάσματα. Εξάλλου, ο κάθε ζωντανός οργανισμός μέσω των μεταβολικών λειτουργιών του ανακτά υλικά από το περιβάλλον και παράλληλα απορρίπτει ανεπιθύμητες ουσίες. Αυτή η ροή ατόμων από τους ζωντανούς οργανισμούς προς το περιβάλλον και αντίστροφα είναι συνεχής καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής, γεγονός που μας δείχνει ότι δεν μπορούν τα άτομα που ανταλλάσσονται να είναι ποιοτικώς διαφορετικά.

Γίνεται κατανοητό, έτσι, ότι το φαινόμενο της ζωής δε μπορεί να θεωρηθεί ιδιότητα των συστατικών ενός έμβιου οργανισμού. Δηλαδή, δεν αθροίζουμε τα μέρη για να βρούμε το σύνολο, γιατί τα μέρη είναι άψυχα και το σύνολο έμψυχο. Ενώ ξέρουμε ότι ένας σκύλος ή μια γάτα ή ένα τριαντάφυλλο είναι ζωντανά πράγματα δε μπορούμε να πούμε το ίδιο για κάποιο ξεχωριστό άτομό τους. Αυτό εκ πρώτης όψεως φαίνεται αρκετά παράξενο. Πως, δηλαδή, από ένα σύνολο άβιων ατόμων προκύπτει ένας ζωντανός οργανισμός.

Πολλοί υποστηρίζουν ότι πρέπει να υπάρχει κάποιο είδος μη υλικής ζωικής δύναμης που δίνει πνοή στους ζωντανούς οργανισμούς. Η άποψη αυτή υπάρχει από πολύ παλιά και είναι γνωστή ως βιταλισμός (*vis vitalis*). Από τους βιταλιστές χρησιμοποιείται πολλές φορές το επιχείρημα της συμπεριφοράς. Το γεγονός, δηλαδή, ότι οι ζωντανοί οργανισμοί παρουσιάζουν σκόπιμη συμπεριφορά προς επίτευξη συγκεκριμένου αποτελέσματος. Αυτό χρησιμοποιείται ως επιχείρημα ύπαρξης της ζωικής δύναμης, γιατί αυτή η τελεολογική ιδιότητα ξεχωρίζει τους ζωντανούς οργανισμούς επιτρέποντας την ικανοποίηση κάποιων βασικών αναγκών για τη διατήρηση της ζωής. Τροφή σε αυτό τον τρόπο σκέψης έδωσε και η ανακάλυψη του Luigi Galvani το 18^ο αι. ότι ένας μυς βατράχου συστέλλεται όταν έρθει σε επαφή με δυο μεταλλικές ράβδους. Αυτό θεωρήθηκε ως ζωικός ηλεκτρισμός, εκδήλωση δηλαδή της μυστικής δύναμης της ζωής. Έχοντας, όμως, υπόψη μας τη λειτουργία των νευρώνων καταλαβαίνουμε ότι δεν υπάρχει τίποτα το "υπερφυσικό" σε αυτή την περίπτωση.

Η προσπάθεια να αποδοθεί το φαινόμενο της ζωής σε μια μη υλική, ζωική δύναμη ή κάποια πνευματική ή θεϊκή ουσία είναι κατανοητή εφόσον πρόκειται

πράγματι για ένα εκπληκτικό φαινόμενο. Δεν είναι, όμως, μια προσπάθεια που προάγει την επιστήμη, εφόσον δεν ψάχνει την ουσία του φαινομένου. Το λάθος με την απόδοση της ζωής σε ζωικές δυνάμεις είναι ότι παραβλέπεται το γεγονός ότι ένα πολύπλοκο και σύνθετο σύστημα όπως ο ζωντανός οργανισμός μπορεί να παρουσιάσει ιδιότητες συνολικές που δεν υπάρχουν στα συστατικά του μέρη.

Ολιστική και αναλυτική μέθοδος

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, η ζωή δεν είναι απλά το άθροισμα των ιδιοτήτων των συστατικών του οργανισμού. Κάποια ιδιότητα που μπορεί να χαρακτηριστεί ως συλλογική των ατόμων, παύει να υφίσταται όταν δεν υπάρχει η συλλογή, αλλά τα άτομα ξεχωριστά. Παράδειγμα στα παραπάνω είναι ένας ζωγραφικός πίνακας ή μια τηλεοπτική εικόνα ή μια φωτογραφία. Αν τα αναλύσουμε αυτά στα συστατικά τους στοιχεία, τα ελάχιστα μέρη τους, δε μπορούμε να ανακαλύψουμε την εικόνα. Αν παρατηρήσουμε την κάθε μια μικρή κουκίδα δε μπορούμε να βγάλουμε συμπέρασμα για το τι απεικονίζεται. Όταν όμως δούμε όλα τα συστατικά σαν ενιαίο σύνολο, αμέσως μπορούμε να πούμε τι φαίνεται. Η εικόνα, δηλαδή, δεν είναι ιδιότητα των συστατικών αλλά του συνόλου και του τρόπου σύνδεσης. Το ίδιο νόημα έχει και όταν λέμε ότι το φαινόμενο της ζωής δεν αποκαλύπτεται από τα άτομα, αλλά τον τρόπο που είναι ενωμένα και την πληροφορία που κρύβεται στις μοριακές δομές. Για να προκύψει δηλαδή ζωή από αυτά τα κοινότατα άτομα δε χρειάζεται να την εμφυσήσουμε στο καθένα ξεχωριστά, αλλά απλά να διαταχθούν με τον τρόπο εκείνο που θα δομήσει την πολυπλοκότητα, τη χαρακτηριστική ιδιότητα των ζωντανών οργανισμών.

Η ολιστική μέθοδος αντιμετώπισης των πραγμάτων χρησιμοποιείται ευρέως από τα ανατολικά θρησκευτικά - φιλοσοφικά συστήματα, ενώ η δυτική επιστημονική σκέψη χρησιμοποιεί κυρίως αναλυτικές μεθόδους. Αυτό φαίνεται ανάγλυφα από την επιστημονική ορολογία που περιέχει πολύ συχνά τον όρο ανάλυση, όπως για παράδειγμα γραμμική ανάλυση, αρμονική ανάλυση, χημική ανάλυση κ.α.

Η αναλυτική μέθοδος συνίσταται στον κατακερματισμό και στην απομόνωση του προβλήματος που έχουμε προς επίλυση. Είδαμε, όμως, ότι αυτή δεν είναι πάντα η πιο πρόσφορη μέθοδος, αφού σε ένα πολύπλοκο δομικό επίπεδο το σύνολο δεν είναι απλά το άθροισμα των επιμέρους στοιχείων. Η ανάλυση, ως επιστημονική μέθοδος, χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα το 19ο και 20ο αιώνα, περίοδος κατά την οποία αναπτύχθηκε η ατομική θεωρία. Λόγω της σπουδαιότητας της θεωρίας αυτής και των αποτελεσμάτων που έδινε η αναλυτική αντιμετώπιση σε πρακτικό επίπεδο, η αναλυτική μέθοδος υιοθετήθηκε από πολλούς τομείς της ανθρώπινης έρευνας. Εξάλλου, από την αρχαιότητα ήδη υπήρχε η αντίληψη (και η προσδοκία) ότι ο κόσμος αποτελείται από κάποια ελάχιστα δομικά συστατικά (άτομο - Λεύκιππος, Δημόκριτος).

Παρόλα αυτά είδαμε ότι η αλόγιστη εφαρμογή της αναλυτικής μεθόδου σε όλα τα προβλήματα παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα. Πολλοί την επικρίνουν και επισημαίνουν ότι η προσπάθεια εξήγησης ενός φαινομένου όπως η ζωή με αναλυτικές μεθόδους υποβαθμίζει σοβαρά την ανθρώπινη ύπαρξη. Βέβαια, κανείς δεν αμφισβητεί ότι ένα ζωντανό σύστημα είναι μια συλλογή ατόμων. Αλλά κάποιες ιδιότητες εμφανίζονται μόνο σε συλλογικό επίπεδο και δεν έχουν νόημα στο επίπεδο των δομικών συστατικών. Το θέμα είναι να διασαφηνίσουμε ποιο πρόβλημα θέλουμε να περιγράψουμε για να βρούμε τον τρόπο και τη μέθοδο που είναι "σωστή". Η αναλυτική και η ολιστική μέθοδος δεν πρέπει να θεωρούνται ανταγωνιστικές, αλλά απλώς να διακρίνονται. Είναι σημαντικό, δηλαδή, να διακρίνουμε το επίπεδο περιγραφής. Έτσι, και οι δύο μέθοδοι μπορούν να δουλέψουν συμπληρωματικά σε ένα πρόβλημα.

Ένα παράδειγμα διαφωτιστικό για τη χρήση των δύο μεθόδων δίνει ο Douglas Hofstadter με τη "φουγκά των μυρμηγκιών". Τα μυρμηγκία διαθέτουν πολύπλοκη και εξαιρετικά οργανωμένη κοινωνική δομή που στηρίζεται στη συλλογική ευθύνη και τον καταμερισμό της εργασίας. Κάθε μυρμήγκι εκτελεί συγκεκριμένο και περιορισμένο αριθμό εργασιών, ενώ η ομάδα συνολικά παρουσιάζει ένα εξαιρετικό επίπεδο τεχνικής. Η μυρμηγκοφωλιά είναι πρότυπο λειτουργικής και εξειδικευμένης σχεδίασης. Δεν υπάρχει ένα συγκεκριμένο "ειδικό" μυρμήγκι που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως αρχιτέκτονας. Μπορούμε, τώρα, σαφώς να περιγράψουμε το κάθε μυρμήγκι ως λειτουργικό αυτόματο που εκτελεί μια σειρά εργασιών. Αν, όμως,

Θεωρήσουμε όλη την αποικία ενιαίο σύνολο προκύπτει αμέσως ένα σύνθετο σχέδιο. Αυτή η αντιμετώπιση αντιστοιχεί στην ολιστική περιγραφή και τα χαρακτηριστικά που εμφανίζονται (σχέδιο, οργάνωση) είναι πλέον πολύ φανερά. Τα επίπεδα περιγραφής, λοιπόν, δεν είναι απαραίτητα ανταγωνιστικά αλλά εξαρτάται η εφαρμογή τους από το τι θέλουμε να μάθουμε.

Παρότι, λοιπόν, το κάθε μυρμήγκι θεωρείται ξεχωριστός οργανισμός μπορούμε να θεωρήσουμε και ολόκληρη την αποικία σαν έναν οργανισμό. Κατά τον ίδιο τρόπο στο σώμα μας υπάρχουν ομάδες κυττάρων που συνεργάζονται και υπάγονται σε μια ενιαία οργάνωση. Τα ολιστικά χαρακτηριστικά που υπάρχουν σε μια αποικία μυρμηγκιών, εμφανίζονται και σε μια ομάδα κυττάρων που συνθέτουν έναν ιστό. Δε μπορούμε να αγνοήσουμε την προοπτική της ομαδικής συμπεριφοράς γιατί έτσι αγνοούμε μια νέα πραγματικότητα. Καταλαβαίνουμε ότι είναι λάθος να πούμε ότι το ανθρώπινο ον είναι μόνο συνάθροιση κυττάρων, τα οποία είναι μέρη του DNA και άλλων ενώσεων, οι οποίες είναι αλυσίδες ατόμων, γιατί με αυτή την αναγωγική λογική καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η ζωή δεν έχει κανένα νόημα. Όπως όμως επισημάναμε η ζωή είναι ολιστικό φαινόμενο. Αυτή η παρατήρηση μας απαλλάσσει αμέσως από την ανάγκη εισαγωγής άυλων ζωικών δυνάμεων ή "μαγικών" ιδιοτήτων για την ερμηνεία του φαινομένου της ζωής.

Αυτή η προοπτική της ολιστικής αντιμετώπισης θέτει το ερώτημα κατά πόσον είναι δυνατή η χρήση της από τη φυσική επιστήμη. Μπορούμε, όμως, να δούμε ότι η προσέγγιση του φυσικού κόσμου με την ολιστική μέθοδο έχει ήδη γίνει και γίνεται από την κβαντική φυσική που ενσωματώνει τη διαδικασία της μέτρησης στην ερμηνεία των φαινομένων. Ακόμα, ο Bohm αναφερόμενος σε βιολογικά συστήματα χρησιμοποιεί αυτή τη λογική και σημειώνει ότι η ζωή εμπλέκεται και με άβια μέρη όπως για παράδειγμα ο αέρας που αναπνέουμε. Αλήθεια είναι ότι η Φυσική έχει ασχοληθεί από καιρό με ολιστικά φαινόμενα, με προπάτορες τους Maxwell και Boltzmann, οι οποίοι προσπάθησαν να παράγουν τις θερμοδυναμικές ιδιότητες των σωμάτων μέσω της στατιστικής ανάλυσης ενός μεγάλου αριθμού μορίων. Και ας μην ξεχνάμε ότι η θερμοδυναμική είναι ένας κλάδος της φυσικής που έχει πολλά να πει για το φαινόμενο της ζωής και τις βιολογικές διαδικασίες γενικά.

Ζωή και θερμοδυναμική

Ένα παράδοξο της ζωής σε σχέση με τη θερμοδυναμική που αρχικά διακρίνεται αφορά την ίδια την ουσία των ζωντανών όντων, την τάξη. Όπως έχουμε αναφέρει ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος απαιτεί πάντα την αύξηση της αταξίας, ενώ η ίδια η ζωή είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αύξησης της τάξης. Η εμφάνιση των ζωντανών οργανισμών και η εξέλιξή τους σε όλο και πιο σύνθετες μορφές συνοδεύεται από αύξηση της τάξης.

Η ασυμφωνία, όμως, που φαίνεται αρχικά, αίρεται αν εξετάσουμε προσεκτικότερα το ζήτημα. Ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος αναφέρεται πάντα σε απομονωμένα συστήματα όπου είναι δυνατόν να αυξηθεί η τάξη σε ένα μέρος και παράλληλα να αυξηθεί η εντροπία σε κάποιο άλλο μέρος του συστήματος. Ξέρουμε, όμως, ότι τα έμβια όντα δεν είναι απομονωμένα αλλά "ανοικτά" στο περιβάλλον συστήματα. Η επιβίωση εξαρτάται από την ανταλλαγή ύλης και ενέργειας με το περιβάλλον. Συνεπώς, η αύξηση της τάξης που σημειώνεται σε έναν έμβιο οργανισμό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της εντροπίας στο περιβάλλον. Ο ισολογισμός της εντροπίας σε κάθε τέτοια περίπτωση δείχνει ότι αυτή αυξάνεται αντισταθμιστικά προς την τάξη των εμβίων, στο περιβάλλον.

Εξάλλου, η αντίληψη ότι οι ζώντες οργανισμοί απαιτούν ενέργεια δεν είναι απολύτως σωστή. Η ενέργεια διατηρείται, ούτε παράγεται ούτε καταναλώνεται. Αυτό που γίνεται στο ζωντανό οργανισμό, με το μεταβολισμό κυρίως, είναι η μετατροπή της ενέργειας στο εσωτερικό του, η οποία όμως αποδίδεται στη συνέχεια στο περιβάλλον με τη μορφή έργου ή θερμότητας. Το ενεργειακό περιεχόμενο του οργανισμού δε μεταβάλλεται ουσιαστικά, αλλά απλά η ενέργεια ρέει δια μέσω του σώματος. Η ροή αυτή ελέγχεται από το βαθμό τάξης, ή την αρνητική εντροπία, της καταναλισκόμενης ενέργειας. Ο Schrödinger έχει πει πάνω σε αυτό το θέμα: "Ο οργανισμός έχει ένα εκπληκτικό χάρισμα να συγκεντρώνει μέσα του ένα "ρεύμα τάξης" αποφεύγοντας έτσι την αποσύνθεση προς το χάος, "ρουφώντας" ευταξία από το κατάλληλο περιβάλλον".

Βλέπουμε, λοιπόν, ότι η ζωή δεν αψηφά τους φυσικούς νόμους. Αυτό, όμως, δεν είναι αρκετό για να εξηγήσουμε τη ζωή. Ακόμα κι αν γνωρίσουμε όλους

τους νόμους που περιγράφουν τις ατομικές διαδικασίες, πάλι δε θα είμαστε σε θέση να ερμηνεύσουμε την ύπαρξη της ζωής σύμφωνα με όσα είπαμε προηγουμένως. Κι αυτό γιατί η συλλογική συμπεριφορά δεν είναι πάντα κατανοητή με βάση τα συστατικά. Παρόλο, δηλαδή, που και η έμβια και η άβια ύλη υπακούουν στους ίδιους φυσικούς νόμους, δημιουργείται μια πολύ θεμελιώδης διαφορετική συμπεριφορά.

Ενθαρρυντικό είναι, ως προς την προοπτική της συλλογικής συμπεριφοράς, ότι τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μια σχετική πρόοδος όσον αφορά τις αρχές που ελέγχουν την εμφάνιση συλλογικής τάξης. Πιο συγκεκριμένα, έχουν μελετηθεί άβια συστήματα τα οποία παρουσιάζουν αυτόματη αυτοοργάνωση. Η τάξη που εκδηλώνεται αφορά συστήματα που απομακρύνονται από τη θερμοδυναμική ισορροπία. Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η παραγωγή στροβίλων κατά τη ροή ενός ρευστού. Αυτό φαίνεται και στα φαινόμενα κυκλοφορίας στην ατμόσφαιρα της γης, όταν καταστραφεί η θερμοδυναμική ισορροπία οπότε και δημιουργούνται κυκλώνες και άλλες ατμοσφαιρικές διαταραχές.

Με τη μελέτη των αυτοοργανωμένων συστημάτων έχει ασχοληθεί με επιτυχία ο Ilya Prigogine ο οποίος σκοπεύει στην ανακάλυψη των μηχανισμών αυτοοργάνωσης και τη μαθηματική περιγραφή τους. Φαίνεται ότι σε κάποιες περιπτώσεις, οι εξισώσεις που μπορούν να περιγράψουν τρόπους συμπεριφοράς σε ανόργανες χημικές εξισώσεις μπορούν να εφαρμοστούν και για την ερμηνεία τρόπων συμπεριφοράς σε εξελιγμένα βιολογικά συστήματα. Ένα κοινό, επίσης, που έχουν αυτές οι περιπτώσεις είναι ότι σε μεγάλη κλίμακα η δημιουργούμενη σχηματισμοί εξαφανίζονται με την πάροδο του χρόνου. Χρησιμοποιώντας τον όρο δομές διασκορπισμού για να περιγράψει αυτή την οργάνωση, ο Prigogine λέει ότι είναι απαραίτητο το μέγεθος του συστήματος να υπερβαίνει κάποια τιμή και να περιέχει μεγάλης εμβέλειας τάξη (σε σχέση με τα δομικά συστατικά) δια μέσου της οποίας το σύστημα λειτουργεί ως σύνολο. Όλη αυτή η προσπάθεια μας βοηθάει να κατανοήσουμε ότι η πολύπλοκη τάξη των βιολογικών συστημάτων μπορεί να αποδοθεί σε φυσικές διαδικασίες, χωρίς να έχουμε ανάγκη "υπερβατικές" έννοιες και φαινόμενα.

Προέλευση της ζωής

Βέβαια, μεγάλο μυστήριο παραμένει και η προέλευση της ζωής. Όπως είπαμε, από την πλευρά του φυσικού, η ζωή χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα και οργάνωση. Για να θεωρηθούν τα οργανικά μόρια "ζωντανά" πρέπει να φτάσουν σε πολύ υψηλό επίπεδο πολυπλοκότητας, το οποίο διασφαλίζει ότι μπορούν να αποθηκεύουν πληροφορίες και να διαθέτουν μέσα για την υλοποίηση του προγράμματος αντιγραφής τους. Η περιγραφή που χρησιμοποιείται συνήθως για την προέλευση της ζωής είναι ότι στην πρωτόγονη γη με τις άφθονες ποσότητες νερού και τις απλές οργανικές ενώσεις που σχηματίστηκαν στην ατμόσφαιρα από χημικές αντιδράσεις, γινόντουσαν πάρα πολλές χημικές διαδικασίες. Με την πάροδο του χρόνου σχηματίστηκαν μόρια όλο και πιο πολύπλοκα έως ότου σε κάποια στιγμή από κάποια τυχαία αυτοοργάνωση σύνθετων μορίων σχηματίστηκε η ζωή.

Έχει μάλιστα γίνει και σχετικό πείραμα όπου έχουν αναπαραχθεί οι συνθήκες που πιστεύεται ότι υπήρχαν τότε στη γη. Σε ένα περιβάλλον με μεθάνιο, αμμωνία, υδρογόνο και νερό και με ηλεκτρικές εκκενώσεις που κάνουν τη δουλειά που θα έκαναν οι κεραυνοί, εμφανίστηκαν μετά από λίγες μέρες χημικές ενώσεις όπως τα αμινοξέα, που είναι απαραίτητες σήμερα για τη ζωή. Όμως και πάλι, δε μπορούμε να πούμε ότι αν ένας τέτοιος σχηματισμός αφηνόταν στην τύχη του, θα μπορούσε να δημιουργήσει ζωή μέσα από την τυχειότητα των χημικών αντιδράσεων. Κι αυτό γιατί, με απλούς στατιστικούς υπολογισμούς μπορούμε να δούμε ότι η πιθανότητα δημιουργίας του DNA ακόμα και σε ένα τεράστιο διάστημα εκατομμυρίων χρόνων είναι εξαιρετικά μικρή και τείνει στο μηδέν.

Αν, όμως, δούμε και πάλι τη θερμοδυναμική των αυτοοργανομένων συστημάτων θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι από κάποια εξωτερική αιτία, η θερμοδυναμική ισορροπία θα μπορούσε να ανατραπεί με αποτέλεσμα μια σειρά σύνθετων αντιδράσεων αυτοοργάνωσης. Αν λοιπόν, θεωρήσουμε ως εξωτερική αιτία τον ήλιο θα μπορούσαμε κάλλιστα να έχουμε ως τελικό αποτέλεσμα μιας ακολουθίας αντιδράσεων, το DNA. Αυτό το σενάριο αυξάνει πάρα πολύ την πιθανότητα δημιουργίας ζωής από την άβια ύλη.

Όλα αυτά βέβαια, δεν "εξηγούν" στην πραγματικότητα τίποτα. Η προέλευση της ζωής παραμένει μυστήριο. Μπορούμε, όμως, να αντιληφθούμε, ότι η έλλειψη κατανόησης δε συνεπάγεται απαραίτητα κάποιο θαύμα. Όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω στοχεύουν κυρίως στο να αποδώσουν αυτά τα καταπληκτικά φαινόμενα μέσα από το πρίσμα της φυσικής, κι όχι τόσο να τα ερμηνεύσουν. Μπορούμε σε όλη αυτή την πορεία να δούμε ανάγλυφα, εκτός από τη σημασία των φαινομένων, και τη σημασία των μεθόδων έτσι ώστε να καταστεί σαφής ο σημαντικός ρόλος που παίζει η στάση που κρατούν οι φυσικοί απέναντι στη φυσική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΛΕΥΡΑ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ

Ερωτήματα

Αφού αναφερθήκαμε στο φαινόμενο της ζωής όπως το βλέπει ο φυσικός, θα αναφερθούμε εδώ στην όψη του σύμπαντος από την πλευρά του φυσικού. Αυτό γίνεται κυρίως με σκοπό να προβληθούν ορισμένα θεμελιώδη ερωτήματα που αφορούν τη φύση συνολικά. Από την άλλη, μια συζήτηση γύρω από τη δημιουργία και εξέλιξη του σύμπαντος πάντα είναι ενδιαφέρουσα εφόσον το σύμπαν είναι η ευρύτερη ενότητα που μπορούμε να σκεφτούμε στο φυσικό κόσμο. Αφού, λοιπόν, αναφερθήκαμε στη ζωή και στο πως συνδέεται με τις φυσικές διαδικασίες και ερευνάται με τις διάφορες μεθοδολογίες, θα μιλήσουμε εδώ για το σύμπαν που φιλοξενεί τη ζωή και τα ζωντανά όντα που ασχολούνται με τη μελέτη του, τους ανθρώπους.

Η κοσμολογία, η επιστήμη που ασχολείται με την έρευνα του σύμπαντος, υιοθετεί ως καλύτερο μοντέλο για το σύμπαν, αυτό της μεγάλης έκρηξης. Σύμφωνα με αυτό, το σύμπαν ξεκίνησε με μια τεράστια έκρηξη που είχε ως αρχή μια υπέρπυκνη και υπέρθερμη κατάσταση. Στο θεωρητικό μαθηματικό μοντέλο περιγραφής, η εκκίνηση είναι μια μαθηματική ανωμαλία κατά την οποία η πυκνότητα του σύμπαντος είναι άπειρη. Αυτή η μαθηματική ανωμαλία προκύπτει από τις κοσμολογικές λύσεις των εξισώσεων πεδίου του Einstein για ένα ομογενές και ισότροπο σύμπαν.

Η θεωρία αυτή διατυπώθηκε αρχικά από τους Lemaître και Gamow. Ο Lemaître χρησιμοποίησε και το θερμοδυναμικό επιχείρημα ότι εφόσον η εντροπία του σύμπαντος αυξάνει, θα πρέπει να υπήρξε μια κατάσταση ελάχιστης εντροπίας όπου η ύλη είχε τη μεγαλύτερη δυνατή οργάνωση. Ο Gamow από την άλλη χρησιμοποίησε το επιχείρημα ότι αφού σε μιοι τέτοια υπέρπυκνη και υπέρθερμη κατάσταση η θερμοκρασία θα ήταν τεράστια, θα μπορούσαν τα πρωτόνια και τα νετρόνια μόνο να δημιουργήσουν τα διάφορα στοιχεία της ύλης. Πράγματι, αυτός είναι ο τρόπος δημιουργίας των στοιχείων, μέχρι όμως το ήλιον. Από εκεί και πέρα, τα στοιχεία δημιουργούνται στο εσωτερικό των αστέρων με πυρηνικές αντιδράσεις. Έτσι,

ο τρόπος δημιουργίας της ύλης δεν είναι ένας, αλλά δύο. Αρχικά, ο κοσμολογικός τρόπος δημιούργησε το ήλιο και τα άλλα ελαφρότερα στοιχεία στα πρώτα λεπτά του σύμπαντος και στη συνέχεια με τη δημιουργία των αστερών δημιουργήθηκαν τα υπόλοιπα στοιχεία, κάτι που συνεχίζεται ως και σήμερα.

Άλλη ένδειξη για τη θεωρία της αρχικής έκρηξης είναι η ηλικία του σύμπαντος. Υπολογισμοί με βάση τη διαστολή του σύμπαντος δίνουν ίδια τάξη μεγέθους με υπολογισμούς με βάση την ηλικία αστερών και γαλαξιών, καθώς και με βάση την ηλικία της ύλης από τις διασπάσεις ραδιενεργών στοιχείων. Η συμφωνία στα αποτελέσματα είναι ένδειξη μιας κοινής αρχής. Ακόμα μια πολύ σημαντική μαρτυρία για την αρχική έκρηξη του σύμπαντος είναι η ακτινοβολία μικροκυμάτων. Η ακτινοβολία αυτή είναι ισότροπη σε όλα τα σημεία του χώρου και αντιστοιχεί σε ακτινοβολία μέλανος σώματος θερμοκρασίας 3 K. Η μόνη πειστική εξήγηση για την ισοτροπία της ακτινοβολίας είναι ότι προέρχεται από φωτόνια των πρώτων σταδίων διαστολής του σύμπαντος, κάτι σαν απόηχος της δημιουργίας. Στη συνέχεια, βέβαια, προστέθηκε και η μαθηματική απόδειξη από τους Hawking και Penrose ότι οποιοδήποτε μοντέλο του σύμπαντος με χαρακτηριστικά ισοτροπίας και ομοιογένειας πρέπει να ξεκινάει από μια μαθηματική ανωμαλία.

Υπάρχουν, βέβαια, κι άλλα συμπαντικά μοντέλα με μικρή ή μεγάλη απήχηση, αλλά το παραπάνω θεωρείται ως επικρατέστερο. Αναφέραμε, εδώ, τα επιχειρήματα που συνηγορούν σε αυτό το μοντέλο δημιουργίας και εξέλιξης, για να έχουμε μια εικόνα όταν στη συνέχεια θα ασχοληθούμε με κοσμολογικά και γενικά φυσικά ερωτήματα, που απασχολούν την επιστήμη.

Η κοσμολογία έχει μια ιδιαίτερη θέση σε σχέση με τις άλλες επιστήμες, γιατί ασχολείται με το όλο σύμπαν, αντίθετα με άλλες επιστήμες που ασχολούνται με ορισμένα μέρη ή όψεις της φυσικής πραγματικότητας. Η ιδιαιτερότητα έγκειται στο γεγονός ότι όλα τα θεμελιώδη ερωτήματα όπως για παράδειγμα το φαινόμενο της ζωής που μας απασχόλησε στα προηγούμενα, ανάγονται σε τελικό επίπεδο σε κοσμολογικά προβλήματα. Η ύπαρξη της γης με τον τόσο πλούσιο φυσικό κόσμο, τους ωκεανούς και τα έμβια όντα, συνδέεται άμεσα με τις συνθήκες δημιουργίας της, τόσο αυτής όσο και όλου του πλανητικού και γαλαξιακού συστήματος. Είναι, δηλαδή, στην ουσία

ερωτήματα κοσμολογικά. Άλλωστε, είναι αναμενόμενο ότι κάθε επιστήμη προσπαθεί να αποδώσει τις τωρινές συνθήκες της φύσης στις αρχικές συνθήκες, δηλαδή στις κοσμολογικές προϋποθέσεις που απαιτούνται για την εξέλιξη σε μία κατάσταση όπως η σημερινή.

Φυσικοί νόμοι

Ένα σημαντικό σημείο προβληματισμού που συνδέει στενά τις επιστήμες είναι η αναγωγή των φυσικών νόμων σε όλο και πιο θεμελιώδεις. Αυτό φαίνεται κυρίως στη φυσική και στην κοσμολογία που ένα πλήθος φαινομενικά ετερόκλητων γεγονότων υπάγεται σε λίγους, πολύ βασικούς νόμους. Για παράδειγμα, οι κινήσεις των ουρανίων σωμάτων φαίνονται αρχικά πολύπλοκες και δεν διαφαίνεται η σχέση μεταξύ τους. Ακολουθούν, όμως, όλες σε γενικές γραμμές το νόμο της παγκόσμιας έλξης. Ο νόμος αυτός υπαγορεύει όλες αυτές τις κινήσεις κι ακόμα πλήθος φαινομένων, όπως η πτώση αντικειμένων πάνω στη γη. Στη συνέχεια, η γενική θεωρία της σχετικότητας του Einstein έρχεται να προσφέρει μια βαθύτερη ενότητα θεωρώντας τη βαρύτητα ως γεωμετρική ιδιότητα του χωροχρόνου. Διορθώνει έτσι τις όποιες ατέλειες της νευτώνειας θεωρίας και ενσωματώνει στους νόμους ακόμα μεγαλύτερο πλήθος φαινομένων. Άλλο παράδειγμα ενότητας είναι ότι ένας εξίσου μεγάλος αριθμός γεγονότων εντάσσεται σε ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα. Όλα αυτά εντείνουν την πεποίθηση πολλών επιστημόνων ότι η ενότητα και η απλότητα είναι χαρακτηριστικά της φύσης. Πάνω σε αυτή την αντίληψη στηρίζεται, άλλωστε, και η προσπάθεια ενοποίησης των θεμελιωδών δυνάμεων που είναι μόλις τέσσερις.

Επειδή, όμως, τα ερωτήματα δε σταματούν ποτέ, και πάλι υπεισέρχεται η απορία γιατί οι βασικοί νόμοι της φύσης να είναι αυτοί και όχι άλλοι. Μπορούμε να αποδείξουμε ότι οι νόμοι πρέπει να είναι αυτοί; Εδώ η απάντηση είναι μάλλον θέμα πίστης. Άλλοι υποστηρίζουν ότι αυτό μπορεί να γίνει και άλλοι, ότι η διατύπωση των φυσικών νόμων προέρχεται από την εμπειρική αντιμετώπιση της φύσης και το φιλοσοφικό αυτό ερώτημα δεν έχει θέση στην επιστήμη. Η παρατήρηση και, κυρίως, το πείραμα που είναι οι αποδεκτές επιστημονικές μέθοδοι, είναι οι μόνοι τρόποι ελέγχου των διαφόρων θεωριών. Όμως, κάποιες απλές θεωρίες ασκούν μεγάλη γοητεία

και ξεφεύγουν από τα όρια των αυστηρών επιστημονικών μεθόδων. Η γοητεία της απλότητας πολλές φορές μας παρασύρει στην υπερεκτίμηση κάποιων θεωριών. Ότι, όμως, είναι απλό δεν είναι κατ' ανάγκη και αληθινό. Αλλά, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ό,τι , ότι έχει βρεθεί αληθινό είναι συγχρόνως και απλό!

Σε αυτό το γεγονός στηρίζονται και οι προσπάθειες ενοποίησης των βασικών δυνάμεων της φύσης (βαρύτητα, ηλεκτρομαγνητισμός, ασθενείς και ισχυρές πυρηνικές). Οι προσπάθειες αυτές έγκεινται στη διατύπωση κάποιων πολύ βασικών γενικών αρχών που να διέπουν όλες τις πολύπλοκες ιδιότητες της ύλης σε οποιαδήποτε μορφή, από τον πυρήνα ενός ατόμου ως και ολόκληρο το σύμπαν.

Εδώ, βέβαια, πρέπει να αναφέρουμε ένα πολύ σημαντικό στοιχείο που αφορά την παραπάνω προσπάθεια, αλλά και στηρίζει γενικώς όλο το οικοδόμημα της φυσικής και κατά συνέπεια της κοσμολογίας. Αυτό είναι η παγκοσμιότητα των φυσικών νόμων. Χωρίς αυτή την προϋπόθεση δε μπορούμε να μιλάμε για ενότητα, ούτε καν για επιστήμη με τη σημερινή μορφή. Παλιότερα δεν ήταν δεδομένο στους επιστήμονες ότι η ίδιοι νόμοι θα μπορούν να ισχύουν παντού. Αντίθετα, φαινόταν πολύ πιθανό ότι σε διάφορα σημεία του σύμπαντος θα ισχύουν και διαφορετικοί νόμοι. Όμως, χωρίς την προϋπόθεση της παγκοσμιότητας των νόμων δεν είναι δυνατόν να μιλήσουμε για απλότητα του σύμπαντος και ενοποίηση των συμπαντικών δυνάμεων.

Οι αποδείξεις για την ισχύ και αμεταβλητότητα των νόμων σε όλα τα σημεία του σύμπαντος είναι πολλές και αρκετά πειστικές. Κατ' αρχήν, η φασματοσκοπία μας έδειξε μέσα από τα φάσματα των ατόμων ύλης, ότι τα ίδια χημικά στοιχεία υπάρχουν παντού, και στη γη και στο σύμπαν. Οι ιδιότητες που αποκαλύπτονται από τα φάσματα ταυτοποιούν τα στοιχεία είτε αυτά προέρχονται από ένα μακρινό αντικείμενο του σύμπαντος, είτε είναι στοιχεία που παρατηρούμε στο εργαστήριο. Ακόμα, μαγνητικά φαινόμενα στο σύμπαν που μελετάμε μέσω του φαινομένου Zeeman (διάσπαση γραμμών του φάσματος μέσα σε μαγνητικό πεδίο) είναι τα ίδια όπως στη γη. Υπάρχει, δηλαδή, παγκοσμιότητα των Ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων. Αλλά και στις κινήσεις απομακρυσμένων ουρανίων σωμάτων μπορούμε να επιβεβαιώσουμε το νόμο της παγκόσμιας έλξης, καθώς και τις εκτροπές του φωτός λόγω βαρύτητας που προέβλεπε η σχετικότητα. Εξίσου καλά

μπορούμε να διαπιστώσουμε την παγκόσμια ισχύ των ασθενών και ισχυρών πυρηνικών δυνάμεων από τη μελέτη πυρηνικών αντιδράσεων σε κοντινούς και μακρινούς αστέρες.

Βλέπουμε, λοιπόν, ότι για όλες τις κατηγορίες δυνάμεων, βαρυτικές, ηλεκτρομαγνητικές, ασθενείς και ισχυρές πυρηνικές, υπάρχει μια παγκόσμια επιβεβαίωση της ισχύς τους. Δεν είναι τυχαίο, άλλωστε, ότι κάποιες πολύ βασικές σταθερές ποσότητες της φυσικής, όπως η c , η σταθερά του Plank h , η σταθερά G και άλλες, είναι εκτός από σταθερές παντού στο σύμπαν και αμετάβλητες στο χρόνο.

Είδαμε εξάλλου και στο πρώτο κεφάλαιο ότι αυτές οι τρεις, συνδυαζόμενες κατάλληλα, μπορούν να μας δώσουν στοιχειώδεις μονάδες χρόνου και μήκους ενοποιώντας έτσι τις φυσικές ποσότητες σε μια γενική, γεωμετρική αντιμετώπιση. Βέβαια, σε κάποιες περιπτώσεις, οι συμπαντικοί νόμοι μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου. Αλλά και πάλι θεωρούμε ότι η μεταβολή μπορεί να υπολογιστεί συναρτήσει της συμπαντικής ηλικίας. Εξάλλου, αν θεωρήσουμε την ενσωμάτωση του χρόνου στη θεωρία, η μεταβολή είναι το πλέον φυσικό φαινόμενο.

Γενικά, θα λέγαμε ότι οι φυσικοί νόμοι δεν είναι πλήρως γνωστοί. Αυτό φαίνεται, άλλωστε, και από το γεγονός ότι υπάρχουν αρκετές διαφορετικές θεωρίες για το σύμπαν. Όμως, τα παραπάνω στοιχεία μας παρέχουν αρκετή ενθάρρυνση για τη δυνατότητα επέκτασης των φυσικών θεωριών σε ένα ευρύ ενωτικό πλαίσιο.

Αβεβαιότητα

Ένα μεγάλο θέμα στο σημείο αυτό είναι η αβεβαιότητα που έχουμε για τους φυσικούς νόμους που διέπουν το σύμπαν. Και είναι πολύ σημαντικό, γιατί η αβεβαιότητα επηρεάζει τη δυνατότητα πρόβλεψης και εξαγωγής συμπερασμάτων. Και ακόμα περισσότερο βέβαια όταν η αβεβαιότητα προέρχεται από εγγενείς περιορισμούς της φύσης, όπως στην αρχή της απροσδιοριστίας του Heisenberg για την κβαντομηχανική. Μια πρώτη

προφανής απροσδιοριστία προέρχεται από την αβεβαιότητα στη γνώση μας για τους φυσικούς νόμους. Και αυτό γιατί δε μπορούμε να είμαστε όσο αναγωγικοί θέλουμε στην εφαρμογή των φυσικών νόμων. Δε μπορούμε, για παράδειγμα, να εφαρμόσουμε το νόμο της παγκόσμιας έλξης για δισεκατομμύρια χρόνια για να φτάσουμε στην αρχή της δημιουργίας. Κι αυτό είναι ένα απλό παράδειγμα που έχει μικρή ισχύ, αφού και ο νόμος αυτός θέλει διόρθωση. Αλλά και με την εισαγωγή των διορθώσεων, πάλι δεν έχουμε αρκετά στοιχεία για να υπολογίσουμε όλες τις επιδράσεις της ύλης στις κινήσεις και τροχιές των πλανητών. Ακόμα κι αν είχαμε όμως ότι χρειαζόμασταν, η εξαγωγή αποτελεσμάτων από ένα τέτοιο υπολογισμό θα απαιτούσε τεράστιο χρονικό διάστημα και κατά συνέπεια θα είχε σχετικά μικρή αξία.

Ακόμα, η αβεβαιότητά μας προέρχεται από την ύπαρξη ασταθειών στην εξέλιξη των κλασικών δυναμικών συστημάτων. Οι αστάθειες αυτές είναι αρκετές για να κάνουν απαγορευτική την εξαγωγή λύσης στη μελέτη ενός συστήματος σωμάτων. Μπορεί να αποδειχθεί μαθηματικά ότι με την πάροδο του χρόνου, η αύξηση των δυνατοτήτων εξέλιξης ενός συστήματος είναι συντριπτικά μεγαλύτερη από την αύξηση της δυνατότητας πρόβλεψης. Η ιδέα βέβαια, ότι γνωρίζοντας όλους τους νόμους και τα δεδομένα θα μπορούσαμε να προβλέψουμε το μέλλον και να μελετήσουμε το παρελθόν με απόλυτη ακρίβεια, είναι καθαρά ντετερμινιστική. Και έχουμε ήδη επισημάνει στα προηγούμενα κεφάλαια ότι ο ντετερμινισμός δε μπορεί να εφαρμόζεται ως λογική σε όλα τα προβλήματα. Από την άλλη, βέβαια, αυτός ο τρόπος σκέψης είναι ο πιο εφικτός και έχει όντως να παρουσιάσει πολύ χρήσιμα συμπεράσματα. Ακόμα κι αν παραλείψουμε αυτή την παρατήρηση διαπιστώνουμε ότι υπάρχει μια ανυπέρβλητη αβεβαιότητα όσον αφορά τη δυνατότητα πρόβλεψης. Πρακτικά αυτή η αδυναμία μας στον υπολογισμό της εξέλιξης του σύμπαντος, μας οδηγεί σε στατιστικούς νόμους και εν προκειμένω για τη φυσική, στη στατιστική μηχανική. Εδώ, λοιπόν, ενώ μπορούμε να χειριστούμε ολόκληρες σωμάτων με ακρίβεια που φτάνει ως τη βεβαιότητα, δε μπορούμε να είμαστε καθόλου ακριβείς για ξεχωριστές μονάδες. Το συμπέρασμα είναι λοιπόν, ότι ακόμα και τα ντετερμινιστικά συστήματα με τις αστάθειες που περιλαμβάνουν, πρέπει να υπαχθούν σε φαινόμενα τέτοια που διέπονται από τη στατιστική μηχανική.

Ακόμα κι αν αφήσουμε όμως, τα κλασσικά συστήματα που ούτως ή άλλως υστερούν στην ενσωμάτωση γνωστών θεωρητικών δεδομένων, η αβεβαιότητα εμφανίζεται πάλι ως εγγενής ιδιότητα της φύσης. Η σχετικότητα μας έχει πει ότι η ταχύτητα του φωτός είναι πεπερασμένη. Έτσι, δε μπορούμε να ξέρουμε την κατάσταση όλου του σύμπαντος σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή ώστε να προβλέψουμε το μέλλον ή το παρελθόν του. Σε κοσμολογικό επίπεδο, λοιπόν, θα λέγαμε ότι έχουμε ένα πολύ περιορισμένο κοσμολογικό ορίζοντα. Και εκτός από αυτό, υπάρχει και η απροσδιοριστία του Heisenberg που αναφέρεται στην κβαντομηχανική. Από μια γενική σκοπιά, θα μπορούσαμε να τη συνοψίσουμε στη φράση : δε μπορείς να κερδίσεις τη γνώση κάποιου γεγονότος χωρίς να θυσιάσεις τη γνώση για κάποιο άλλο. Και το εκπληκτικό είναι ότι αυτό συμβαίνει γιατί έτσι προστάζει η φύση.

Όλα τα παραπάνω μας κάνουν να αναρωτηθούμε αν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για τα συμπεράσματά μας. Η απάντηση εκ πρώτης όψεως θα ήταν μάλλον απογοητευτική. Πως μπορούμε να δηλώσουμε βεβαιότητα μέσα σε ένα πλήθος αβεβαιοτήτων; Πως μπορούμε να εμπιστευτούμε επιστημονικές θεωρίες και συμπεράσματα με βάση το τεκμήριο της αβεβαιότητας; Κι όμως, δεν πρέπει να θεωρήσουμε την επιστήμη αναξιόπιστη. Η επιστήμη είναι η πορεία και όχι η λύση. Κάθε φορά, εξάγουμε καινούργια συμπεράσματα, άλλα πρακτικά εκμεταλλεύσιμα κι άλλα όχι. Υπάρχουν περίοδοι αμφιβολίας και λαθών και περίοδοι σίγουρων αποτελεσμάτων. Η γνώση δε χάνεται, ούτε αναιρείται με τη διατύπωση νέων θεωριών. Αντίθετα, εμπλουτίζεται και οι παλιές θεωρίες διορθώνονται χωρίς να ανατρέπονται. Αυτή την πρόοδο έχει απεικονίσει πολύ γλαφυρά ο Eddington με το εξής παράδειγμα: βρίσκεται κάποιος μπροστά σε μια μεγάλη εικόνα σε ένα σκοτεινό δωμάτιο. Ξάφνου, πέφτει μια φωτεινή δέσμη και δείχνει ένα κομμάτι γαλάζιο χρώμα που φαίνεται σαν ουρανός. Καθώς ο φωτισμός αυξάνει διαπιστώνει κανείς ότι πρόκειται για μια θάλασσα με κύματα και βάρκες που αντικατοπτρίζει τον ουρανό. Έπειτα, καταλαβαίνει κανείς ότι αυτά είναι ζωγραφιές στο καπέλο μιας κυρίας κλπ. Αυτό το παράδειγμα απεικονίζει πολύ καλά και μας δείχνει πως αποκαλύπτουμε κάθε φορά μια νέα εικόνα.

Κοσμολογικά και φιλοσοφικά ερωτήματα

Έχοντας υπόψη μας αυτό το επιστημολογικό ζήτημα, μπορούμε να προχωρήσουμε σε καθεαυτό κοσμολογικά ερωτήματα που ως τέτοια, όμως, αγγίζουν σαφώς τον κόσμο της φιλοσοφίας. Για παράδειγμα, τι είναι ο χρόνος και ο χώρος; Πώς ήταν στην αρχή της δημιουργίας; Τι πορεία ακολουθούν; Εξετάσαμε αυτά τα ερωτήματα στα προηγούμενα από την πλευρά της φυσικής χωρίς να δώσουμε μια απάντηση. Και πως να απαντήσουμε άλλωστε, όταν αυτά εξαρτώνται από το σκοπό της αναζήτησης; Είδαμε ότι αν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε τις παραμέτρους για πρακτικές εφαρμογές δεν έχουμε παρά να εφαρμόσουμε τις ρητές σχέσεις της θεωρίας. Είναι, όμως, σωστό να κατατμήσουμε τα φαινόμενα και να χρησιμοποιούμε κάθε φορά κάποια από τις τόσο διαφορετικές όψεις του χρόνου που μας δίνουν οι μαθηματικές σχέσεις; Σε πρακτικό επίπεδο, η απάντηση είναι καταφατική, αλλά πως μπορούμε να αγνοήσουμε τις τόσες ενδείξεις για ενότητα σε ολόκληρο το σύμπαν; Πως θα διαχωρίσουμε τα περιεχόμενα από το περιέχον όταν παρουσιάζουν την ίδια φυσική υπόσταση;

Και τα ερωτήματα συνεχίζονται πιο ουσιαστικά και πιο πιεστικά. Αν βρούμε τελικά μια θεωρία που να περιγράφει τα πάντα θα μας έχει αποκαλυφθεί η τελική αλήθεια; Και πάλι, υπάρχει η απορία γιατί το σύμπαν να είναι αυτό που είναι; Υπάρχει κάποια σκοπιμότητα στο σύμπαν; Εδώ, η απάντησή μας δε μπορεί να είναι αιτιοκρατική ή τελεολογική. Στα φυσικά φαινόμενα βέβαια, αυτές είναι οι μέθοδοι ερμηνείας που διαθέτουμε. Αν για παράδειγμα θέλουμε να εξηγήσουμε τη διάδοση του φωτός, ή θα χρησιμοποιήσουμε τις εξισώσεις του Maxwell (αιτιοκρατία) ή θα την αρχή του ελαχίστου χρόνου (τελεολογία). Όμως, σε ερωτήματα όπως τα παραπάνω ή σε φαινόμενα που άπτονται της ζωής, δε μπορούμε να βρούμε μια αιτιοκρατική εξήγηση. Η σκοπιμότητα, για παράδειγμα, που παρατηρούμε στην εξέλιξη της ζωής ή στα ένστικτα επιβίωσης ανθρώπων και ζώων δε μπορεί να αναλυθεί με φυσικές, αιτιοκρατικές ερμηνείες. Γενικά, η αιτιοκρατία απαντάει πάντα ατελώς, γιατί στην αέναη αλυσίδα αιτίου - αποτελέσματος, δε μπορεί να οριστεί ένας αρχικός κρίκος. Τα διαδοχικά "γιατί" δε σταματούν ποτέ.

Ας επανέλθουμε, όμως, στην ερώτηση γιατί το σύμπαν και οι νόμοι είναι αυτοί που είναι; Και, υπάρχει κάποια σκοπιμότητα σε αυτό; Πολλοί, για να βρούν μια απάντηση αντιθετοαντιστρέφουν την ερώτηση και ρωτούν: Τι θα συνέβαινε αν οι νόμοι του σύμπαντος ήταν διαφορετικοί; Μια πρώτη

απάντηση είναι ότι σε ένα έστω και λίγο διαφορετικό σύμπαν δε θα υπήρχε ζωή και άνθρωπος. Έτσι, κάποιοι υιοθετώντας μια "ανθρωπολογική" αρχή αιτιολογούν σκοπιμότητα στο σύμπαν. Πράγματι, υπό αυτή την αρχή φαίνεται ότι η ηλικία του σύμπαντος, η υλική σύνθεσή του και οι δυνάμεις που το κυβερνούν υπάρχουν προς υποστήριξη της λογικής ζωής. Αν, για παράδειγμα, η ηλικία του σύμπαντος ήταν μικρότερη, δε θα είχαν δημιουργηθεί αστέρες και πλανήτες, ενώ αν ήταν μεγαλύτερη, οι αστέρες θα είχαν σβήσει. Συνδέεται, δηλαδή, η ηλικία του σύμπαντος με την ύπαρξη ζωής. Ακόμα, στην ύλη μπορούμε να βρούμε ιδιότητες που δείχνουν τη σκοπιμότητα ύπαρξης και διατήρησης της ζωής. Η δημιουργία πολύπλοκων ενώσεων της ύλης, εξάλλου, βασίζεται στην ύπαρξη ισχυρών, ασθενών και ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων, ενώ για ένα σύμπαν με νεκρούς αστέρες θα αρκούσε μόνο η βαρύτητα. Ενώ ένα ακόμα δείγμα είναι και η καταπληκτική ιδιότητα του άνθρακα, του βασικού στοιχείου της ζωής, να δημιουργεί απεριόριστο πλήθος ενώσεων, ως και τα πολύπλοκα μόρια DNA που αποτελούν το αναγκαίο υπόβαθρο της ζωής. Ο όποιος άνθρακας με τη σειρά του, συντίθεται από μια ιδιόμορφη διαδικασία πυρηνικών αντιδράσεων στο εσωτερικό των άστρων.

Αλλά και στην ύπαρξη μακρόβιων πηγών ενέργειας (των αστέρων) που ευνοούν τη δημιουργία και εξέλιξη της ζωής συναντάμε την κατάλληλη φυσική "συνομωσία" των δυνάμεων. Η ύπαρξη των αστέρων ως παραγωγών της συγκεκριμένης ροής ενέργειας βασίζεται αφενός στη βραδεία μετατροπή του υδρογόνου σε ήλιο και αφετέρου στην απορρόφηση ακτινοβολίας από το εσωτερικό των άστρων στα εξωτερικά στρώματα. Αυτές οι δύο διαδικασίες συντελούν στη μακροβιότητα του ζωογόνου ήλιου μας. Η βραδύτητα της αντίδρασης μετατροπής του H σε He, που είναι αποτέλεσμα πυρηνικών δυνάμεων, αποτρέπει την έκρηξη του ήλιου σαν βόμβα υδρογόνου. Η απορρόφηση ακτινοβολίας από τα εξωτερικά στρώματα, που είναι αποτέλεσμα ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων, έχει ως συνέπεια τη διατήρηση της υψηλής θερμοκρασίας του πυρήνα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Υπάρχει, δηλαδή, μια συνεργασία πυρηνικών και ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων, που διατηρεί τον ήλιο όσο θερμό χρειάζεται, χωρίς να κινδυνεύει ούτε να εκραγεί, ούτε να σβήσει. Δε φαίνεται καμιά σκοπιμότητα στην ταχύτητα αυτών των διαδικασιών, εκτός αν θεωρήσουμε ότι είναι αυτές που είναι για να ευνοήσουν τη ζωή.

Μπορούμε να βρούμε και πολλά άλλα φυσικά παραδείγματα που να υποστηρίζουν την παραπάνω άποψη. Η μορφή ενέργειας που φτάνει στη γη είναι τέτοια ώστε να διατηρούνται οι οργανικές ενώσεις. Αυτό οφείλεται στις σωστές αναλογίες ηλεκτρομαγνητικών και βαρυτικών δυνάμεων. Οι φυσικές σταθερές, επίσης, έχουν την κατάλληλη τιμή. Μεγαλύτερο G ή μικρότερη μάζα e^- θα έκαναν τις οργανικές αντιδράσεις πολύ δύσκολες. Αλλά και η μάζα του πρωτονίου και το φορτίο του e^- , όλα έχουν τέτοιες τιμές ώστε να μπορεί να συντεθεί και να διατηρηθεί η ζωή.

Όμως, υπάρχει και η αντίθετη άποψη. Ότι, δηλαδή, το σύμπαν έτυχε να είναι έτσι και γι αυτό έχει ζωή και λογικά όντα που το μελετούν. Αν ήταν διαφορετικό, χωρίς ζωή, δε θα υπήρχε κανείς να συζητήσει αυτά τα ερωτήματα. Και τελικά, γιατί να θεωρείται η ζωή τόσο σημαντική ώστε το σύμπαν να έχει σκοπιμότητα στη δημιουργία της; Η ζωή για τους ανθρώπους είναι σαφώς ανεκτίμητη, αλλά έχει κάποια χρησιμότητα στη λειτουργία του σύμπαντος; Καταφεύγουμε πάλι σε φιλοσοφικά ή και θρησκευτικά ερωτήματα. Οι απαντήσεις βασίζονται περισσότερο στην πίστη και λιγότερο στις παρατηρήσεις. Όπως, όμως, αναφέραμε, υπάρχουν ενδείξεις ενότητας και σκοπιμότητας που είναι δύσκολο να τις αγνοήσουμε. Από την άλλη, μπορούμε να αναφέρουμε τον αφορισμό του Monod: "κάθε ανάμειξη γνώσης και αξιών είναι απαγορευμένη". Αυτή η φράση, όμως, είναι οξύμωρη, γιατί στηρίζεται στην αναγνώριση της γνώσης ως υπέρτατης αξίας.

Γενικά, σε αυτό το κεφάλαιο προσπαθήσαμε να σκιαγραφήσουμε μια συνολική εικόνα του σύμπαντος μέσα από την κοσμολογική προσέγγιση. Η εικόνα αυτή, μόλις που αχνοφαίνεται, αλλά αναδύει έντονα ερωτήματα, τα οποία ουσιαστικά παραμένουν αναπάντητα. Γιατί το σύμπαν είναι αυτό που είναι; Έχει ή δεν έχει σκοπιμότητα; Γιατί μπορούμε να το μελετάμε; Τι υπήρχε πριν την αρχή του; Τι είναι ο χρόνος; Γιατί υπάρχουν τόσες διαστάσεις; Όλα αυτά, μπορούν να θεωρηθούν μεταφυσικά ερωτήματα. Ακόμα και όταν δίνονται απαντήσεις, αυτές δεν είναι οριστικές. Ουσιαστικά, τα προβλήματα μετατίθενται σε άλλα δυσκολότερα.

Κάθε ανακάλυψη έρχεται να μας δείξει ότι το Σύμπαν και η φύση ξεπερνούν τον "ατελή" άνθρωπο με τις πεπερασμένες δυνατότητες. Αυτό, όμως, δεν πρέπει να οδηγεί στην απελπισία, αλλά στην όλο και ουσιαστικότερη βεβαιότητα ότι το σύμπαν και ο άνθρωπος έχουν βαθύτατη συγγένεια. Ο

Einstein είχε πει: "Το πιο ακατανόητο πράγμα σχετικά με το σύμπαν είναι ότι το σύμπαν είναι κατανοητό". Ίσως επειδή σύμπαν και άνθρωπος έχουν την ίδια καταγωγή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ, ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΑ

Κοινωνική Πληροφορία

Η οργάνωση μιας κοινωνίας, έστω και σε στοιχειώδες επίπεδο, βασίζεται στη διεπικοινωνία μεταξύ των μελών της. Η διεπικοινωνία, βέβαια, ποικίλλει τόσο σε πολυπλοκότητα, όσο και σε περιεχόμενο. Για μια αποικία εντόμων αρκούν, ίσως, ορισμένες οσμές για την "συνεννόηση" και τον καθορισμό συγκεκριμένων κοινωνικών εργασιών που ορίζουν και διευκολύνουν την κοινωνική συγκρότηση. Σε μια κοινωνία ανθρώπων, όμως, η διεπικοινωνία περιλαμβάνει όλη την περιπλοκότητα της γλώσσας και πολλά άλλα, και κατά συνέπεια η ανθρώπινη κοινωνία δεν είναι απλά μια συνάθροιση με σκοπό απλά την εξυπηρέτηση των κοινών συμφερόντων διαβίωσης. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, μπορούμε να μετρήσουμε το ποσό της πληροφορίας που διαθέτει η κοινωνία με μέτρο το κατά πόσον αυτό το ποσό τροποποιεί τη συμπεριφορά των ατόμων που την αποτελούν ως προς το σύνολο. Γιατί, το κάθε άτομο μπορεί να διαθέτει ένα ποσό πληροφορίας που δε διαθέτει η κοινότητα, αλλά αυτό δεν είναι καθοριστικό στο βαθμό που δεν τροποποιεί τη συμπεριφορά του ή δεν οδηγεί σε μια μορφή δραστηριότητας, την οποία μπορούν να διακρίνουν τα υπόλοιπα μέλη.

Γενικά, θα λέγαμε ότι με βάση την πληροφορίας η κοινότητα εκτείνεται ως εκεί που μπορεί να γίνει αποτελεσματικά η μετάδοση της πληροφορίας. Και μπορούμε να βρούμε ένα δραστικό μέτρο για αυτό, συγκρίνοντας τον αριθμό των αποφάσεων που διαμορφώνονται μέσα στην κοινότητα με τον αριθμό αυτών που εισέρχονται απ' έξω. Έτσι, μπορούμε να μετρήσουμε την αυτονομία της ομάδας όσον αφορά τη λειτουργία της.

Βέβαια, η πληροφορία που είναι διαθέσιμη σε κάποια στιγμή στην κοινότητα δεν είναι τελείως προσιτή χωρίς ειδική προσπάθεια. Κι αυτό γιατί, αν κοιτάξουμε την επιστήμη σήμερα, βλέπουμε ότι η τάση εξειδίκευσης είναι τόσο μεγάλη, ώστε ο ειδικός τις περισσότερες φορές είναι αναλφάβητος πέρα από την ειδικότητά του. Ένα παράδειγμα πάνω σε αυτό μπορούμε να δούμε στην περίπτωση της ταξινόμησης των βιβλίων σε μια βιβλιοθήκη. Αυτό θα γίνει με βάση τους τίτλους ή στην καλύτερη περίπτωση με λέξεις - κλειδιά.

Όταν, όμως, ο τίτλος είναι ασυνήθιστος δεν υπάρχει δυνατότητα ταξινόμησης. Μπορεί, λοιπόν, μεταξύ δύο βιβλίων να υπάρχει το ίδιο νοηματικό περιεχόμενο, αλλά να μη μπορούν να ταξινομηθούν μαζί. Χρειάζεται, τότε, κάποιος με καθολικά ενδιαφέροντα για να κάνει τη δουλειά.

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο, τώρα, που χαρακτηρίζει το λεγόμενο δυτικό κόσμο σε σχέση με το δραστικό ποσό πληροφορίας σε κοινωνικό πλαίσιο είναι η έλλειψη ομοιοστατικών διαδικασιών. Η αντίληψη ότι ο ελεύθερος συναγωνισμός είναι μια ομοιοστατική κοινωνική διαδικασία είναι λανθασμένη. Έχει τις ρίζες της στην προσπάθεια εφαρμογής επιστημονικών θεωριών στην οικονομία. Σε θεωρητικό επίπεδο, όμως, αν θεωρήσουμε την αγορά σαν παίγνιο και την περιγράψουμε με τη θεωρία παιγνίων, υποτίθεται ότι ο κάθε παίκτης, εκμεταλλευόμενος το διαθέσιμο κάθε φορά ποσό πληροφορίας θα παίζει με ένα τρόπο απόλυτα ευφυή. Ακόμα κι αν οι παίκτες στην ελεύθερη οικονομία είναι απολύτως ευφυείς, και πάλι η θεωρία μας δίνει αποτελέσματα απροσδιόριστα και ασαφή. Όμως, ούτε όλοι οι παίκτες είναι απόλυτα ευφυείς, ούτε η οικονομία είναι ένα απλό παιχνίδι που υπάγεται στη θεωρία. Όπου υπάρχουν οι αφελείς, υπάρχουν κι οι απατεώνες. Όπου υπάρχουν οικονομικά συμφέροντα υπάρχει η απληστία κι η προδοσία. Ομοιοστασία δεν υπάρχει σε κανένα επίπεδο στην οικονομική διαδικασία.

Έτσι, καταλήγουμε σε μια πολιτική ψευδών, προς όφελος του ισχυρού που εκμεταλλεύεται συγκεκριμένες πληροφορίες. Στήνεται ένας μηχανισμός με αντικείμενο το μέσο άνθρωπο, που εξορύσσει πληροφορίες, χρησιμοποιώντας σφυγμομετρήσεις, δημοσκοπήσεις και γενικά ψυχολογικές παρατηρήσεις για να επεξεργαστεί στατιστικά το σύνολο. Κι ένα βασικό σημείο εδώ είναι η αντιμετώπιση του ατόμου ως στατιστικής μονάδας. Σαφώς απαράδεκτο και υποτιμητικό για την ανθρώπινη φύση. Από την άλλη βέβαια, η μέθοδος δεν είναι τελείως αποτελεσματική, γιατί ο άνθρωπος δεν είναι ούτε εντελώς αφελής, ούτε εντελώς απατεώνας και γιατί δε μπορούν όλες οι παράμετροι της ανθρώπινης δραστηριότητας να τυποποιηθούν και να επεξεργαστούν στατιστικά.

Παίζει ρόλο, βέβαια, και το μέγεθος για τη συνοχή της κοινωνικής ομάδας. Έτσι, μια μικρή συμπαγής κοινωνία μπορεί εύκολα να αναπτύξει ένα μεγάλο βαθμό ομοιοστασίας. Αναπτύσσεται ένα σχετικά ομοιόμορφο επίπεδο συμπεριφοράς και νοημοσύνης και καθορίζεται μέσα από αυτά το επίπεδο αλληλοβοήθειας, κοινωνικής προσφοράς και ανοχής προς τα μέλη, χωρίς να

χρειαστεί να οριστούν ρητά. Αντίθετα, στις μεγάλες κοινωνίες οι ισχυροί προστατεύονται με τα πλούτη, την ιδιωτικότητα και την ανωνυμία, καθώς επίσης, προστατεύονται και από την κοινή γνώμη και την κριτική είτε με τη βοήθεια των νόμων είτε με την κατοχή των μέσων ενημέρωσης.

Αν, λοιπόν, θεωρήσουμε ότι η ομοιοστασία μιας κοινωνίας που θα προσφέρει την εύρυθμη λειτουργία της, επιτυγχάνεται μέσω της απόκτησης χρήσης και μεταβίβασης της πληροφορίας, καταλαβαίνουμε ότι σε μεγάλες κοινωνίες αυτό δεν είναι εφικτό. Επειδή είναι αδύνατη η άμεση επικοινωνία ανάμεσα στα μέλη της, τα μόνα μέσα επικοινωνίας είναι τα μαζικά. Και τα ΜΜΕ εκτός από επικοινωνιακά μέσα, έχουν και πολλούς δευτερεύοντες ρόλους που τελικά ανάγονται σε πρωτεύοντες μέσα στο σημερινό πλαίσιο διάρθρωσης της οικονομικο-πολιτικής εξουσίας.

Πιο συγκεκριμένα, τα ΜΜΕ, εκτός από μέσα επικοινωνίας είναι και όργανα διαμόρφωσης της κοινής γνώμης και παραγωγής κέρδους για τον ιδιοκτήτη τους. Έτσι, ο έλεγχος των ΜΜΕ μπορεί να θεωρηθεί ως ο σημαντικότερος αντιομοιοστατικός παράγοντας της κοινωνίας. Σε μια κοινωνία βασισμένη στο νόμο της προσφοράς και της ζήτησης, ο άνθρωπος και η φύση γίνονται ιδιοκτησία του επιχειρηματία που εκμεταλλεύεται όλα τα χαρακτηριστικά των ΜΜΕ και κυρίως τα δευτερεύοντα που προσφέρουν κέρδος σε αντίθεση με το πρωτεύον που είναι η επικοινωνία. Έτσι, στις μεγάλες κοινωνίες, ιδιαίτερα τις δυτικές, τα λιγότερο κερδοφόρα μέσα εξαλείφονται και, αφού "όποιος πληρώνει τα όργανα λέει και το σκοπό", η διαδικασία του κέρδους αφαιρεί σταδιακά την καθεαυτό κοινωνική πληροφορία προς όφελος των κερδοφόρων μεθόδων, της διαφήμισης κλπ.

Στο σημείο αυτό, βέβαια, πρέπει να αναφέρουμε ότι κριτική στα μέσα ενημέρωσης έχει ασκηθεί από πάρα πολλούς κοινωνιολόγους, επικοινωνιολόγους, σημειολόγους κλπ. όλων των πολιτικών αποχρώσεων. Εμείς, στα παραπάνω δε θέλουμε να κάνουμε μια επιστημολογική - κοινωνική ανάλυση του ρόλου της πληροφορίας στην κοινωνία, όπως αυτή προέρχεται από τα ΜΜΕ, αλλά απλά αναφέρουμε κάποια κοινώς διαπιστωμένα στοιχεία, όπως η αλλοίωση του καθεαυτό ρόλου τους. Έχουν εκφραστεί, βέβαια, απόψεις όπως η οικειοποίηση των μέσων και η εκτροπή του μηνύματος προς όφελος της κοινωνικής ομάδας, βασισμένες, όμως, σε μια θεωρία της πληροφορίας που εκ προοιμίου δέχεται σα δεδομένη αυτή τη μορφή

επικοινωνίας. Πάνω σε αυτό μπορούν να γίνουν πολλές συζητήσεις για τη σημειολογία μηνύματος, πομπού, δέκτη κλπ. όπως φαίνεται και στις θεωρίες του Eco που περιγράφονται οι δυνατότητες ενός σημειολογικού ανταρτοπολέμου. Υπάρχουν, βέβαια, ακόμα πιο ρηξικέλευθες προτάσεις, όπως του Μποντριγιάρ που εστιάζοντας στην έννοια της δομής των μέσων προτείνει ως μόνη εναλλακτική λύση την καταστροφή τους. Κι αυτό γιατί, το καθορισμένο σχήμα λειτουργίας τους δεν αλλάζει, ανεξάρτητα από το ποιός έχει τον έλεγχο. Μέσα τους υπάρχει ενσωματωμένος ο λόγος χωρίς απόκριση και γι αυτό τα μέσα είναι δομημένα εξουσιαστικά. Δεν επιτρέπουν την απόκριση και κατ' αυτή την έννοια δεν υπάρχει στην πραγματικότητα επικοινωνία.

Επιστήμη και κοινωνία

Ανεξάρτητα τώρα από το ζωτικό ρόλο της πληροφορίας, στη συγκρότηση της κοινωνίας, θα αναφερθούμε γενικότερα στο ρόλο της επιστήμης ως βασικό στήριγμα στη διαμόρφωση της κοινωνικοπολιτικής πραγματικότητας. Κάθε κοινωνικοπολιτικό σύστημα, προκειμένου να λειτουργήσει σε πρακτικό επίπεδο βασίζεται θεωρητικά σε ένα μείγμα θρησκείας, φιλοσοφίας και επιστήμης, που προτάσσει κάθε φορά το μοντέλο και το πλαίσιο λειτουργίας.

Στο λεγόμενο δυτικό κόσμο με τον οποίο είμαστε πιο εξοικειωμένοι έχει επικρατήσει ένα μοντέλο υλικού ευδαιμονισμού και κατά συνέπεια οι θεωρητικές παράμετροι, θρησκευτικές, φιλοσοφικές, επιστημονικές, έρχονται προς υποστήριξη της ύλης. Η συμβολή της επιστήμης σε αυτή τη μοντελοποίηση φαίνεται κυρίως στην ανάπτυξη της τεχνολογίας προς επίτευξη της υλικής ευδαιμονίας. Όταν, όμως, μιλάμε για κοινωνίες με εξουσιαστικές και ιεραρχικές σχέσεις, όπου η δύναμη που κυρίως αναγνωρίζεται είναι αυτή του χρήματος, δεν αφήνουμε μεγάλο περιθώριο στα πνευματικά επιτεύγματα για αυτόνομη πορεία. Έτσι, και οι επιστημονικές πρόοδοι μέσα σε ένα τέτοιο πλαίσιο είναι προσανατολισμένες να εξυπηρετούν την αναπαραγωγή και την ενδυνάμωση του ίδιου συστήματος. Δε θα πούμε ότι οι επιστημονικοί φορείς είναι άμοιροι ευθυνών, παρασυρμένοι στο οικονομικό παιχνίδι ή ανήμποροι λόγω μεγέθους να

αντιδράσουν. Στον καθένα αναλογεί ένα κοινωνικό μερίδιο ευθύνης από τη στιγμή που συγκεκριμένες πράξεις του επηρεάζουν την κοινωνική συγκρότηση.

Η κοινωνία δυτικού τύπου, λοιπόν, έτσι όπως εκφράζεται μέσα από τις οικονομικές παραμέτρους έχει ανάγκη μιας επιστήμης που να μπορεί να ελέγχει το φυσικό κόσμο, να παράγει μηχανές με μεγάλες δυνατότητες εκμετάλλευσης και παράλληλα να ενισχύει την εξουσία σε ιδεολογικό επίπεδο. Μια τέτοια επιστήμη δε μπορεί παρά να είναι σε θεωρητικό επίπεδο αιτιοκρατική, γιατί αυτή είναι βασική προϋπόθεση για την κάλυψη των παραπάνω αναγκών. Πρέπει να απαντάει ακριβώς στις ερωτήσεις *πόσο και γιατί*, να προβλέπει και να έχει δυνατότητες μακροχρόνιας σχεδίασης. Σε ιδεολογικό επίπεδο, ο ντετερμινισμός εφαρμοσμένος στην κοινωνική θεωρία εξοπλίζει με πειθώ την εξουσία και αγνοεί τις μεταφυσικές ανησυχίες, δίνοντας ένα καταληκτικό σημείο.

Βέβαια, τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά. Αντινομίες και αντιφάσεις παρουσιάζονται διαρκώς μέσα σε αυτή τη μοντελοποίηση γιατί στις προσπάθειες ενσωμάτωσης διαφόρων επιστημονικών συμπερασμάτων που δεν ταιριάζουν στο μοντέλο, τα ετερόκλητα στοιχεία και συμπεράσματα, πολλές φορές παραμένουν ασυμβίβαστα. Παρά ταύτα, όμως, η ευελιξία και προσαρμογή του συστήματος είναι αρκετά μεγάλη.

Οι σύγχρονες επιστημονικές θεωρίες, τώρα, χρησιμοποιούνται από αυτό το μοντέλο, μέχρι το σημείο, όμως, που μπορούν να προσφέρουν πρακτικώς εφαρμόσιμα συμπεράσματα. Σε όλα τα προηγούμενα, όμως, συναντήσαμε ιδέες που φτάνουν σε σημείο να αναιρούν το καθιερωμένο εννοιολογικό περιεχόμενο κάποιων πολύ κοινών εννοιών, όπως ο χώρος, ο χρόνος, η ύλη κ.α. Είναι φανερό ότι πάνω σε τέτοιες ιδέες δε μπορεί να στηριχτεί ένα σύστημα που στοχεύει συνεχώς σε υλιστικές επιδιώξεις. Οι νέες ιδέες που έχουν αναφερθεί τόσο σε επιστημονικό όσο και σε επιστημολογικό επίπεδο, επιβάλλουν σαφώς μια αναδιαμόρφωση των μεθόδων και των σκοπών.

Προκύπτουν ερωτήματα περί της φύσεως του ανθρώπου και της θέσης του στο σύμπαν που δεν μπορούν να απαντηθούν άμεσα. Προκύπτουν ακόμα ερωτήματα για το κατά πόσο είμαστε σε θέση να αξιολογήσουμε και να εξερευνήσουμε την ίδια την υπόστασή μας με συμβατικές μεθόδους.

Βλέπουμε ότι δεν είμαστε ικανοί να αντιληφθούμε άμεσα τον κόσμο γύρω μας. Δεν είναι λίγο να ξέρεις ότι δεν μπορείς να πιστεύεις απόλυτα στα μάτια σου. Ούτε το να ξέρεις ότι δεν έχεις τη δυνατότητα να σκεφτείς κβαντομηχανικά.

Γενικά, θα λέγαμε ότι με βάση τις σύγχρονες θεωρίες ο κόσμος δε μπορεί να περιγραφεί με μηχανιστικά πρότυπα σαν ένα τεράστιο αυτόματο. Κατά τον ίδιο τρόπο δεν μπορούν όλες οι παράμετροι της ανθρώπινης δραστηριότητας να μετρηθούν και να τυποποιηθούν. Αυτό, βέβαια, δε χρειάζεται να μας το πει η επιστήμη. Είναι προφανές. Αλλά πολλοί πιστεύουν ότι επειδή ο έλεγχός μας πάνω στο υλικό περιβάλλον είναι αρκετά μεγάλος, θα μπορούσαν οι μέθοδοι που εφαρμόζονται στις φυσικές επιστήμες, να εφαρμοστούν και για τον έλεγχο του κοινωνικού περιβάλλοντος. Αυτό, όμως, δεν είναι δυνατό και όπου εφαρμόζεται δίνει οξύμωρα αποτελέσματα. Οι τομείς της κοινωνιολογίας, της ανθρωπολογίας, και της οικονομίας έχουν να κάνουν με πολλούς αστάθμητους και ραγδαίως μεταβαλλόμενους παράγοντες.

Στις θετικές επιστήμες οι σπουδαιότερες ανακαλύψεις έγιναν σε πεδία όπου μπορούσε να επιτευχθεί ένας μεγάλος βαθμός απομόνωσης του φαινομένου από τον παρατηρητή. Στην αστρονομία, για παράδειγμα, έχουμε μια τεράστια κλίμακα σε σχέση με τον άνθρωπο, έτσι ώστε ο παρατηρητής δε μπορεί να επιφέρει καμία αλλαγή στα φαινόμενα. Στη μικροσκοπική κλίμακα, βέβαια, της ατομικής φυσικής και της κβαντομηχανικής, ο παρατηρητής έχει κάποια επίδραση στα σωματίδια, που σε σχέση με το μέγεθός τους είναι μεγάλη. Όμως, δε ζούμε ούτε στη μακροκοσμική ούτε στη μικροκοσμική κλίμακα, είτε στο χώρο είτε στο χρόνο. Έτσι, ακόμα και γεγονότα που είναι σημαντικά για τον παρατηρητή που θα ζούσε σε μια από αυτές τις κλίμακες, λόγω του χώρου και του χρόνου απομακρύνονται από την άμεση επίδρασή του. Γιατί, για παράδειγμα, τα χρονικά διαστήματα που θεωρούμε για να εξετάσουμε ένα μικροσκοπικό σύστημα είναι τεράστια από τη σκοπιά των μεμονωμένων σωματιδίων. Έτσι, μπορούν να υπαχθούν χωρίς αλλοίωση σε μια στατιστική επεξεργασία. Σε κάθε περίπτωση, δηλαδή, μπορούμε να επιτύχουμε μια χαλαρή ζεύξη με τα φαινόμενα που μελετάμε. Είναι ένα θέμα που άπτεται του μεγέθους και τη κλίμακας.

Στις κοινωνικές επιστήμες, αντίθετα, η ζεύξη παρατηρητή - φαινομένου είναι πολύ πιο στενή. Ο παρατηρητής μπορεί να ασκήσει μεγάλη επίδραση στα φαινόμενα που μελετάει. Μια κοινωνία που μελετάει ένας ανθρωπολόγος, για παράδειγμα, δεν παραμένει η ίδια μετά την έρευνα. Τα ήθη, τα έθιμα, η γλώσσα πολλών πρωτόγονων λαών παραμορφώθηκαν μόνο και μόνο από τη διερεύνηση τους από τις ιεραποστολές. Κι αυτό είναι επόμενο, εφόσον ο κοινωνιολόγος και ο ανθρωπολόγος δεν έχουν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν ψυχρά το υποκείμενο παρατήρησης, αφού αυτό υπόκειται σε συνεχή μεταβολή. Ο ανθρωπολόγος θα μελετήσει τα έθιμα που σχετίζονται με το βίο, την εκπαίδευση, το θάνατο του ανθρώπου σε μια κλίμακα ζωής ίδια με τη δική του. Ο οικονομολόγος ενδιαφέρεται να προβλέψει την εξέλιξη επιχειρηματικών κύκλων σε διάστημα μικρότερο από μια γενιά. Όλες αυτές οι παρατηρήσεις γίνονται με στατιστικές και σε βραχεία βάση και γι αυτό δεν μπορούμε να είμαστε βέβαιοι για ένα μεγάλο μέρος των αποτελεσμάτων.

Επιπλέον, λίγοι πολιτικοί φιλόσοφοι σήμερα νοιάζονται να περιορίσουν τις παρατηρήσεις τους στον κόσμο των ιδεών του Πλάτωνα. Όπως είδαμε, όμως, οι νέες φυσικές ιδέες που προκύπτουν από τη θεωρία μας προσανατολίζουν σαφώς σε μια πλατωνική φιλοσοφική θεώρηση, παρά σε μια αριστοτελική. Υπό αυτό το πρίσμα, αντί να προσπαθούμε να επεκτείνουμε τις μεθοδολογίες των θετικών επιστημών στις κοινωνικές επιστήμες, καλύτερα να αναθεωρήσουμε τους στόχους και τις επιδιώξεις μας ως άτομα μέσα στο φυσικό περιβάλλον. Πιστεύουμε, λοιπόν, ότι οι νέες ιδέες που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, πρέπει να γίνουν κτήμα όλων των ανθρώπων για να τους προσανατολίσουν στην αναζήτηση της πιο πνευματικής υπόστασής τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δανέζης Μ., Θεοδοσίου Σ., "Έτσι βλέπω το Σύμπαν - Εισαγωγή στην Κοσμολογία", Υπό Έκδοση (Εκδόσεις Δίαυλος).
- Δανέζης Μ., Θεοδοσίου Σ., "Το Σύμπαν που Αγάπησα", Εκδόσεις Δίαυλος, 19??.
- Θεοδωράκης, "Το Κενό που Κοχλάζει", Εκδόσεις Δίαυλος, 19??.
- Καλουπτσίδης Ν., "Σήματα, Συστήματα και Αλγόριθμοι", Εκδόσεις Δίαυλος, 1994.
- Κοντόπουλος Γ., Κωτσάκης Δ., "Κοσμολογία - Η δομή και η εξέλιξη του σύμπαντος", Πανεπιστημιακό σύγγραμμα, 1982
- Μποντριγιάρ Ζ., "Ρέκβιεμ για τα Μέσα Επικοινωνίας", Εκδόσεις Ελεύθερος Τύπος.
- Περιοδικό Δευκαλίων, Τεύχη 21, 23.
- Τραχανάς, "Κβαντομηχανική", Τόμοι I & II, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 19??.
- Abbot E., "Flatland - Η Επιπεδοχώρα", Εκδόσεις Αιώρα, 1991.
- Asimov I., "Το Χρονικό των Επιστημονικών Ανακαλύψεων", Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 199?.
- Bondi H., "Σχετικότητα και κοινή Λογική", Εκδόσεις Τροχαλία, 19??.
- Born M., "Το Πείραμα και η Θεωρία στη Φυσική", Εκδόσεις Τροχαλία, 19??.
- Crick F., "Μια Εκπληκτική Υπόθεση", Εκδόσεις Κάτοπτρο, 1995.
- Davies P., "Θεός και Μοντέρνα Φυσική", Εκδόσεις Κάτοπτρο, 1996.
- Einstein A., Infeld L., "Η Εξέλιξη των ιδεών στη Φυσική", Εκδόσεις Δωδώνη, 19??.
- Goudot-Perrot A., "Κυβερνητική και Βιολογία", Εκδόσεις Ι. Ζαχαρόπουλος, 1967.
- Hawking S., "Το Χρονικό του Χρόνου", Εκδόσεις Κάτοπτρο, 19??.
- Hawking S., Penrose R., "Η φύση του Χώρου και του Χρόνου", Εκδόσεις Γκοβόστη, 1995.

- Highfield R., Coveney P., "Το Βέλος του Χρόνου", Εκδόσεις Κάτοπτρο, 19??.
- Hoftstandter D. R., Dennett D. C., "Το Εγώ της Νόησης", Εκδόσεις Κάτοπτρο, 1995.
- Hoyle F., Sir, "Τα Δέκα Πρόσωπα του Σύμπαντος", Εκδόσεις Κάτοπτρο, 19??
- Jeans J. , Sir, "Φυσική και Φιλοσοφία", Εκδόσεις Βάνιας, 19??.
- Kandel E. R., Schwartz J. H., Jessel T. M., Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1999.
- Klein E., "Ο Χρόνος", Εκδόσεις Τραυλός - Κωσταράκης, 19??.
- Kuhn , "Η Δομή των Επιστημονικών Επαναστάσεων",
- Losee J., "Φιλοσοφία της Επιστήμης", Εκδόσεις Βάνιας, 1991.
- Narlikar J., "Η Ελαφρότητα της Βαρύτητας", Εκδόσεις Τροχαλία, 19??.
- Prigogine I., "????????", Εκδόσεις????/, 19??.
- Scientific American.....
- Stewart I., "Παίζει ο Θεός Ζάρια; - Η Επιστήμη του Χάους", Εκδόσεις Κωσταράκη, 19??.
- Weber R., "Επιστήμονες και Άγιοι", Εκδόσεις Ιάμβλιχος, 19??.
- Wiener N., "Κυβερνητική", Εκδόσεις Καστανιώτη, 1961.