

ΕΚΤΑΚΤΟΣ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 30ΗΣ ΜΑΪΟΥ 1995

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΜΑΝΟΥΣΟΥ ΜΑΝΟΥΣΑΚΑ

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗ

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ Κ. ΠΑΝΟΥ ΛΙΓΟΜΕΝΙΔΗ

Κύριε Πρόεδρε,
Κύριοι Συνάδελφοι,
Κυρίες και Κύριοι,

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Θά μπορούσε κανείς να αναπτύξει τις θεωρίες τῆς φυσικῆς πάνω στὴν ιδέα ὅτι ἡ «πληροφορία» εἶναι ἓνα εἶδος (commodity) ἀνταλλαγῆς μεταξὺ φυσικῶν συστημάτων, ὅπως εἶναι ἡ «ἐνέργεια» ἢ ἡ «ἀδράνεια». Θά μπορούσε μάλιστα νὰ ἰσχυριστεῖ ὅτι μόνο μέσω τῶν ἐννοιῶν, τῶν παραστάσεων, τῶν γλωσσῶν καὶ τῶν μεθοδολογιῶν τῆς Ἐπιστήμης τῆς Πληροφορίας, εἶναι δυνατὸ νὰ ἐξηγηθοῦν μὲ πληρότητα καὶ σὲ βάθος οἱ θεωρίες καὶ οἱ νόμοι τῆς φυσικῆς, ὅπως εἶναι οἱ νόμοι τῆς συντηρήσεως τῆς ἐνέργειας καὶ τῆς ἀδράνειας. Αὐτὴ ἡ ιδέα ἰσχυροποιεῖται ὅταν ἐφαρμόζεται στὴν ἐπεξεργασία τῶν θεωριῶν τῆς «Νέας Φυσικῆς», αὐτῶν ποὺ συγκλονίσαν τὰ θεμέλια τῆς φυσικῆς καὶ ἄλλαξαν τὶς ἀντιλήψεις μας γιὰ τὴν λειτουργία τοῦ κόσμου ποὺ μᾶς περιβάλλει καὶ γιὰ τὴν γένεση καὶ ἐξέλιξη τοῦ σύμπαντος. Ἡ συγκλονιστικὴ ἀποκάλυψη ποὺ κάνει κανεὶς ὅταν ἐρευνᾷ τὴν νέα φυσικὴ μὲ τὰ ἐργαλεῖα τῆς ἐπιστήμης τῆς πληροφορίας, εἶναι ὅτι «ἡ Φυσικὴ εἶναι Πληροφορία!», ὅτι ὁ «Κόσμος» ποὺ μᾶς περιβάλλει προέρχεται ἀπὸ τὴν μορφογενετικὴ δυναμικὴ τῆς γεωμετρίας τοῦ χωροχρόνου καὶ ἀπὸ τὴν δυνατότητα δημιουργίας, μετασχημα-

τισμοῦ, ἐπεξεργασίας καὶ ἀλληλοεπιδράσεως ἀτέλειωτης ποικιλίας «μορφῶν», οἱ ὅποτες ἀναδύονται, δροῦν, ἐξελίσσονται καὶ ἐξαφανίζονται σὰν ἀποτέλεσμα ἐνὸς τεράστιου «κυτταρικοῦ παιγνίου» (σὰν τὸ σκάκι), ποὺ παίζεται αὐτόνομα καὶ μὲ συμφυῆ ἀπροσδιοριστία, καὶ ποὺ κυβερνᾶται ἀπὸ μᾶλλον ἀπλοὺς κανόνες. Καὶ ἐμεῖς, ἀπειροελάχιστα δημιουργήματα καὶ ἐξαρτήματα αὐτοῦ τοῦ τεράστιου κυτταρικοῦ κομποῦ-τερ, ὀπλισμένοι μὲ τὶς μυστηριώδεις διανοητικὲς καὶ συνειδησιακὲς δυνατότητες τοῦ ἐγκεφάλου μας, ἐπιχειροῦμε νὰ ἀνακαλύψουμε καὶ νὰ κατανοήσουμε τοὺς «κανόνες» του.

Μὲ τὴν σημερινὴ ὁμιλία μου θέλω νὰ προβάλω τὴν ἄποψη ὅτι ὁ κόσμος μας, ἡ «πραγματικότητα» τὴν ὁποία ἀντιλαμβανόμαστε καὶ προσπαθοῦμε νὰ κατανοήσουμε, εἶναι μία πολὺπλοκη, περίεργη καὶ πολυσύνθετη χωροχρονικὴ «μορφή», ἡ ὁποία συνεχῶς διαφοροποιεῖται καὶ ἐξελίσσεται. Ὁ γενεσιουργὸς χωροχρόνος ἀναπτύσσει τὶς μορφές τοῦ κόσμου μας μὲ συνεχεῖς ἀλλαγές καταστάσεως ἀνάμεσα στὴν «κίνηση» καὶ στὴν «μορφή», ἀνάμεσα στὶς καταστάσεις κινητικῆς καὶ δυναμικῆς ἐνέργειας.

Τὸ θέμα μας εἶναι πολὺπλοκο καὶ δύσκολο χωράει στὰ στενὰ ὅρια μίας ὥριαίας διαλέξεως. Πιστεύω, ὅμως, ὅτι εἶναι θεμελιώδους σημασίας καὶ θὰ ἐπιχειρήσω νὰ ἐστιάσω τὴν προσοχή σας στὴν σχέση τῆς ἐπιστήμης τῆς Πληροφορίας μὲ τὴν Φυσική, δηλαδή μὲ τὴν προσπάθειά μας νὰ ἀποκωδικοποιήσουμε τὰ μηνύματα τῆς Δημοουργίας ποὺ ἀναδύονται στὶς χωροχρονικὲς μορφές τοῦ Κόσμου μας.

Τὸ πρῶτο ἐρώτημα ποὺ τίθεται εἶναι: «Τί εἶδους θεωρία τῆς Πληροφορίας χρειαζόμαστε γιὰ νὰ περιγράψουμε ὅλα ὅσα γνωρίζουμε γιὰ τὴν Φυσική;» Θὰ πρέπει νὰ ἀναπτύξουμε καὶ νὰ καθορίσουμε τὶς ἔννοιες καὶ τὰ σύμβολα παραστάσεως, τὶς σχέσεις καὶ τὶς γλῶσσες ἐπεξεργασίας τῶν μαθηματικῶν σχέσεων καὶ τῶν δεδομένων ποὺ προκύπτουν ἀπὸ τὶς παρατηρήσεις. Θὰ πρέπει νὰ ἀναλύσουμε τοὺς μηχανισμοὺς ἐπικοινωνίας, δηλαδή τὶς χωροχρονικὲς μορφές ἀνταλλαγῆς πληροφοριῶν, τοὺς κώδικες καὶ τὶς διαδικασίες ἀφαιρέσεως καὶ ἐσωτερικῆς ἀποτυπώσεως «μνημῶν» καὶ λειτουργικῆς ὀργανώσεως. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀποτύπωση, ἡ συνεχὴς τροποποίηση τῶν δομῶν καὶ τῆς λειτουργικότητος τοῦ δέκτη ἀπὸ τὶς ἐπιδράσεις τῶν ἐμπειριῶν του, παίζει κεντρικὸ ρόλο στὸν καθορισμὸ τῆς περαιτέρω συμπεριφορᾶς, τῆς προσαρμοστικῆς ικανότητος καὶ τῆς ἐξελικτικῆς ἀναπτύξεως τοῦ δέκτη.

Οἱ ἔννοιες καὶ οἱ ἀπόψεις τῆς νέας φυσικῆς, τὶς ὁποῖες θὰ προσπαθήσουμε νὰ παρουσιάσουμε ἐδῶ χωρὶς ἀναφορὰ σὲ μαθηματικὲς παραστάσεις καὶ μετασχηματισμούς, καθὼς καὶ οἱ σχέσεις τῆς νέας φυσικῆς μὲ τὴν πληροφορία, δὲν προσφέρονται σὲ εὐκόλες διατυπώσεις μὲ τὰ γνώριμα σύμβολα καὶ τὶς γλῶσσες τῆς ἀνθρώπινης

έμπειρίας μας. Θα χρειαστεί να προσφύγουμε σε παράξενες διαττώσεις και παραστάσεις οι οποίες αντιστρατεύονται την αντίληψη της «πραγματικότητας» που απορρέει από τις έμπειρίες μας. Οι δυσκολίες αυτές είναι συνέπεια των περιορισμών που μᾶς επιβάλλουν τὰ ἴδια τὰ σύμβολα και οι γλώσσες της ανθρώπινης επικοινωνίας μας. "Αλλωστε, ἡ *ανθρωποκεντρική* αναφορά μας στην διατύπωση των θεωριών της φυσικής και των απόψεων περί υπάρξεως θα ὑποστεί, ἴσως, και ἄλλες βασικές αναθεωρήσεις, ἐάν ἀναπτύξουμε τὰ μέσα και τούς τρόπους προσπάσεως στις έμπειρίες και ἄλλων προηγμένων βιολογικῶν ὀργανισμῶν με διανόηση, ἡ ἀκόμα και στις «έμπειρίες» μηχανῶν επεξεργασίας της πληροφορίας που μπορεί να διαθέτουν ὑψηλά επίπεδα λογικής και κάποια μορφή «συνειδικῆς νοημοσύνης».

Θὰ ἤθελα να σημειῶσω ἐδῶ ὅτι, ἐνῶ τὰ τεχνολογικά κατασκευάσματα της Πληροφορικῆς κατακλύζουν καθημερινὰ και ἀλλοιώνουν την ζωή μας, οι ἐπιστημονικές ἀναζητήσεις και τὰ ἐρευνητικά ἐπιτεύγματα της Ἐπιστήμης της Πληροφορίας, που τροφοδοτοῦν την τεχνολογία της Πληροφορικῆς και που μπορεί να φέρουν σημαντικότερες και θεμελιωδέστερες ἀλλαγές στην ἀντίληψή μας για τὸν ἑαυτό μας και τὸν Κόσμο, περνοῦν συχνὰ ἀπαράτηρητα σε μία κοινωνία πιγμένη στα καθημερινὰ της προβλήματα, ἡ ἀπορροφημένη σε ἐφήμερες ἐπιδιώξεις. Ἰδιαίτερα στην ἐποχή μας, τὸ χάσμα ἀνάμεσα σε αὐτοὺς που παράγουν γνώση και σε αὐτοὺς που την χρειάζονται για να καλυτερεύουν την ζωή τους μεγαλώνει ἀνόντα, χωρίς περισκεψη ὡς πρὸς την χρήση της τεχνολογίας που παράγεται και χωρίς φροντίδα για την ποιότητα της ζωῆς. Ἡ σωστή Παιδεία, που περιλαμβάνει και την ἐξωσχολική παιδεία και την πληροφόρηση μέσω των ΜΜΕ, ἀποτελεῖ την μόνη ἐλπίδα για μία συμμετοχική και προικισμένη κοινωνική ζωή [3]. Θα ἐπανέλθουμε ὅμως στο θέμα αὐτὸ κάποια ἄλλη φορά.

2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Πρὶν ἐξετάσουμε τις σχέσεις της Φυσικῆς με την Πληροφορία, εἶναι σκόπιμο να ἀναφερθοῦμε συνοπτικά στις βασικές ἔννοιες που ὑπογραμμίζουν την ιδέα της «πληροφορίας» [4].

2. 1 Σχῆμα

Ἡ πολύπλοκα δομημένη «πραγματικότητα» τοῦ φυσικοῦ κόσμου, ἡ ὁποία γίνεται ἀντιληπτή σε ἐμᾶς με την παρατήρηση, ἐκδηλώνεται ὡς «σχῆμα» στις χωροχρονικές δομές και στις λειτουργικές δυνατότητες των φυσικῶν φαινομένων και των βιολογικῶν και κοινωνικῶν ὀργανισμῶν. Οι «λειτουργικές δυνατότητες» κάποιου

φυσικοῦ, βιολογικοῦ ἢ κοινωνικοῦ συστήματος ἀφοροῦν τὴν ἱκανότητά του γιὰ συγκροτημένη λειτουργία, ἢ ὁποία ἐκτιμᾶται μὲ κριτήρια κάποιας συγκεκριμένης ὠφελιμότητος, δηλ. ἀφοροῦν τὴν ὑπαρξὴ «ὀργανώσεως» ποὺ συχνὰ ἀναφέρεται καὶ ὡς «ποιότητα πληροφορίας». Ἔτσι, σχήματα στὸν χῶρο καὶ στὸν χρόνο, ὅπως εἰκό- νες καὶ ἀκολουθίες συμβόλων, ἢ καὶ σχήματα λειτουργικῆς ὀργανώσεως, ἐμφανί- ζονται σὰν συμβολικὲς ἐκδηλώσεις τῶν φυσικῶν φαινομένων καὶ τῶν διαδικασιῶν ποὺ τὰ ὑπογραμμίζουν, καὶ ἀποτελοῦν τὴν ἐπαφή μας μὲ τὴν πραγματικότητα.

Τὰ αὐτόνομα ἢ σχεδιασμένα ἀπὸ τὸν ἄνθρωπο χωροχρονικὰ καὶ λειτουργικὰ σχήματα τὰ ὁποῖα ἀντιλαμβάνομαστε μέσα ἀπὸ παρατηρήσεις γεννιοῦνται μὲ διαδι- κασίες ποὺ βασίζονται σὲ δύο διαφορετικὲς ἀρχὲς τῆς Φυσικῆς. Ἡ μία ἀρχὴ ἀφορᾷ διαδικασίες ποὺ ὑπακούουν σὲ φυσικὲς «δυνάμεις συντηρήσεως» εὐσταθῶν καταστά- σεων ἐλαχίστης ἐνεργείας. Οἱ νόμοι καὶ οἱ ἐκάστοτε ὀριακὲς συνθήκες δημιουργοῦν καὶ συντηροῦν σχήματα, προϊόντα τύχης καὶ νόμου, ποὺ διατηροῦνται πολὺ κοντὰ σὲ εὐσταθεῖς καταστάσεις θερμοδυναμικῆς ἰσορροπίας, ὅπως συμβαίνει στὶς περι- πτώσεις τῶν συμμετρικῶν κρυσταλλικῶν δομῶν, τῶν χωροχρονικῶν δομῶν τῶν πρω- τεϊνῶν, τῶν γεωλογικῶν σχηματισμῶν καὶ τῶν πλανητικῶν τροχιῶν τοῦ στερεώ- ματος. Αὐτὰ τὰ συντηρητικὰ σχήματα ἐλαχίστης ἐνεργείας δὲν ἀπαιτοῦν μεταβολι- σμὸ γιὰ νὰ διατηροῦν τὴν εὐσταθὴ ἰσορροπία τους καὶ νὰ ὑπάρχουν, δηλαδή δὲν προϋποθέτουν κατανάλωση ἐνεργείας ποὺ εἰσέρχεται ἀπὸ τὸ περιβάλλον, ἀντί- θετα μὲ ὅ,τι συμβαίνει στοὺς λειτουργικὰ ἀναπτυσσόμενους ἐνὸργανους βιολογι- κούς ὀργανισμούς.

Ἡ ἄλλη ἀρχὴ δημιουργίας σχημάτων στὴν φύση ἀφορᾷ διαδικασίες μὴ-γραμ- μικῶν ἀλληλοεπιδράσεων μακριὰ ἀπὸ θερμοδυναμικὴ ἰσορροπία, ὅπως συμβαίνει χαρακτηριστικὰ στοὺς βιολογικοὺς ὀργανισμούς, ἀλλὰ καὶ σὲ ὀρισμένα «ἀνοικτὰ» δυναμικὰ φυσικὰ καὶ κοινωνικὰ συστήματα. Ἡ συμπεριφορὰ τῶν μεταβολικῶν αὐτῶν συστημάτων, τὰ ὁποῖα εἶναι γνωστὰ ὡς «καταναλωτικὲς δομὲς» (dissipative structures), χαρακτηρίζεται ἀπὸ δυναμικὴ εὐσταθὴ ἰσορροπία, καὶ ἀπὸ μεταπτώσεις σὲ νέες καταστάσεις δυναμικῆς ἰσορροπίας διαφοροποιημένου σχήματος, δηλαδή χαμηλότερης ἐντροπίας [1]. Οἱ σχηματογόνες μεταπτώσεις τῶν ἀνοικτῶν συστη- μάτων ὀφείλονται στὶς ἰδιάζουσες μὴ-γραμμικὲς σχέσεις τῶν μερῶν τους καὶ σὲ προσθετικὲς περιβαλλοντικὲς ἢ ἐσωτερικὲς διακυμάνσεις (fluctuations) στὶς σχέ- σεις αὐτές, οἱ ὁποῖες χαρακτηρίζουν τὴν ἐκάστοτε δυναμικὴ κατάσταση τοῦ συστή- ματος. Οἱ δυναμικὲς καταστάσεις τῶν νέων σχημάτων τὰ ὁποῖα δημιουργοῦνται, συντηροῦνται πάντοτε μὲ συνεχή κατανάλωση ἐνεργείας.

2. 2 Μορφή - Πληροφορία

Ἐξετάζοντάς το ἀπὸ τὴν πλευρὰ τοῦ παρατηρητῆ, τὸ σχῆμα μπορεῖ νὰ τὸ διακρίνει κανεὶς σὰν κάτι ποὺ ξεχωρίζει ἀπὸ τὴν πλημμύρα τῶν στατιστικῶν ἀσυσχέτιστων αἰσθητηρίων ἐρεθισμάτων τὰ ὁποῖα προέρχονται ἀπὸ τὸ χωροχρονικὸ περιβάλλον, χωρὶς ὅμως «νὰ μᾶς λέει τίποτε». Ἐτσι, ἓνα μικρὸ παιδί μπορεῖ νὰ ἀντιληφθεῖ «σχῆμα» στὴν θέα ἑνὸς μορίου DNA ἢ μίας πολὺπλοκης μαθηματικῆς συνάρτησης, χωρὶς νὰ παίρνει «πληροφορία», πέραν ἀπὸ τὴν στοιχειώδη ἰδέα ὅτι «εἶναι κάτι». Ὅμως, συνθέσεις χωροχρονικῶν ἢ καὶ λειτουργικῶν σχημάτων μποροῦν νὰ ἀποκτήσουν ὁλοκληρωμένη ὑπόσταση, δηλαδὴ «μορφή», ἣ ὁποία μὲ συσχέτιση σημασιολογικοῦ νοήματος ἀποκτᾷ ταυτότητα ποὺ περιέχει πληροφορία, δηλαδὴ μπορεῖ «νὰ λέει κάτι» στὸν παρατηρητὴ ποὺ τὴν ἀντιλαμβάνεται. Ἡ ὁλοκληρωμένη ὑπόσταση καὶ ἡ σημασιολογικὴ ταυτότητα μίας μορφῆς εἶναι συνέπεια συμφωνίας πολλῶν παρατηρητῶν ποὺ τὴν ἀναγνωρίζουν, τὴν ἐπεξεργάζονται καὶ τὴν κοινολογοῦν.

Γενικότερα, ἡ «μορφή» εἶναι μία ὁλοκληρωμένη σύνθεση σχημάτων ἢ καὶ ἄλλων μορφῶν, ἣ ὁποία μεταφέρει κάποιον συμφραζόμενον (contextual) νόημα, δηλαδὴ ἐμπερικλείει πληροφορία, ἣ ὁποία εἶναι περισσότερη ἀπὸ τὸ ἄθροισμα τῆς πληροφορίας ποὺ περιέχεται στὰ ἐπὶ μέρους συστατικὰ τῆς ὁλοκληρωμένης μορφῆς. Ἡ δυναμικὴ μορφογένεση ἀφορᾷ τὴν δημιουργία νέων μορφῶν μὲ σημασιολογικὴ καὶ λειτουργικὴ ταυτότητα καὶ ἐπιτελεῖται σὲ «ἀνοικτὰ» φυσικὰ, βιολογικὰ καὶ κοινωνικὰ συστήματα μὲ ἀνταλλαγὰς ὕλης καὶ ἐνέργειας, ἀλλὰ οὐσιαστικὰ ἐπιτελεῖται μὲ τὶς ἐπικοινωνιακὰς ἀνταλλαγὰς πληροφορίας. Τὰ συστήματα αὐτὰ ἀναφέρονται συχνὰ ὡς «κυβερνητικὰ συστήματα». Ἡ μορφογένεση εἶναι ἰδιαίτερα χαρακτηριστικὴ στὶς ἐξελικτικὰς ἀλυσίδες τοῦ βιολογικοῦ κόσμου, ἀπὸ τὶς μοριακὰς καὶ ὑπο-κυτταρικὰς δομὰς μέχρι τοὺς βιολογικοὺς ὀργανισμοὺς, καὶ καθορίζει τὴν μορφοποιὶ συμπεριφορὰς τῶν, τὴν προσαρμογὴ καὶ τὴν ἐξέλιξή των. Εἶναι σημαντικό ὅτι ἐμφανίζεται ἐπίσης καὶ στὴν δυναμικὴ λειτουργία πολλῶν φυσικῶν, χημικῶν, ὅπως καὶ κοινωνικῶν, πολιτικῶν καὶ οἰκονομικῶν συστημάτων.

Σήμερα, μελετώντας τὶς μορφογενετικὰς δυνατότητες φυσικῶν καὶ κοινωνικῶν συστημάτων ἀναπτύσσουμε μεθόδους καὶ τεχνολογίες κατευθυνόμενης «ἐκπαίδευσεώς» των καὶ ἐλεγχόμενης ἐπεμβάσεως, ἔτσι ὥστε νὰ γίνεται δυνατὴ ἡ διαμόρφωση ἐπιθυμητῆς συμπεριφορᾶς, προσαρμογῆς καὶ ἐξελίξεώς των. Ἡ τεχνολογία τῆς Πληροφορικῆς ἔχει ἤδη ἀναπτύξει ἐργαλεῖα, ἀλγορίθμους καὶ μεθοδολογίες γιὰ τὴν κατευθυνόμενη ἐκπαίδευση καὶ τὸν ἐλεγχὸ προσαρμοζόμενων ἀνοικτῶν συστημάτων,

τά όποια μπορεῖ νά χρησιμοποιηθοῦν ἐπ' ὠφελεία μόνο μὲ περίσκληση καὶ μὲ μεγάλη προσοχή. Οἱ δυνατότητες αὐτῆς τῆς τεχνολογίας εἶναι ἀφάνταστες, ἀλλὰ εἶναι καὶ ἀπρόβλεπτες χωρὶς προσεκτικὸ σχεδιασμό. Πρὸς τὸ παρόν, ἡ τεχνολογία αὐτὴ ἐφαρμόζεται κυρίως στὴν ἀνάπτυξη προσαρμοζόμενων τεχνητῶν νευρωνικῶν δικτύων ἐπεξεργασίας πληροφοριῶν γιὰ ἐφαρμογὲς στὴν σχεδίαση συστημάτων τεχνητῆς νοημοσύνης[5].

2.3 Ἐπικοινωνία Μορφῶν: Ἑσωτερικὴ ἀποτύπωση, Προσαρμογὴ, Ἐξέλιξη

Τὰ φυσικά, τὰ βιολογικά καὶ τὰ κοινωνικά συστήματα ἐπικοινωνοῦν μέσῳ ἀνταλλαγῶν πληροφορίας. Ἡ μεταφορὰ «πληροφορίας» μεταξὺ δύο ἐπικοινωνούντων φυσικῶν συστημάτων ἐπιτυγχάνεται μὲ τὸ φαινόμενο τοῦ συντονισμοῦ, δηλαδή τῆς συσχετίσεως μεταξὺ τῆς μορφῆς τοῦ αἰσθητηρίου σήματος καὶ τῶν ἰδιο-μορφῶν τοῦ δέκτη (τῶν *eigenforms*) οἱ ὁποῖες, ὡς ἀποτέλεσμα προηγουμένων ἐπικοινωνιακῶν ἐμπειριῶν, εἶναι ἐνσωματωμένες στὶς χωροχρονικὲς καὶ τὶς λειτουργικὲς δομὲς τοῦ δέκτη. Μὲ τὸν ἐπιλεκτικὸ συντονισμό ἀνάμεσα στὴν αἰσθητήρια μορφή καὶ τὶς ἰδιομορφίες τοῦ δέκτη, καὶ μὲ τὴν ἐπακόλουθη γενίκευση, συμπίεση καὶ ἐσωτερικὴ ἀποτύπωση, ἀφήνονται τὰ ἀφηρημένα συσσωρευόμενα ἔχνη τῶν ἐπιλεγμένων μορφῶν στὶς ἀναθεωρημένες δομὲς τοῦ ἀποδέκτη. Ὁ ἀποδέκτης, μὲ τὴν σειρὰ του ἐπικοινωνεῖ τὶς νέες του ἐμπειρίες μὲ τὴν ἐπακόλουθη συμπεριφορὰ του, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὶς διαφοροποιημένες δομὲς-μνημὲς του.

Μὲ τὸν τρόπο αὐτόν, ἡ πληροφορία τὴν ὁποία ἐκφράζει μία μορφή, ἀποτελεῖ ἓνα «ἀγαθὸ» (*commodity*) τῆς ἐπικοινωνίας. Μέσα ἀπὸ ἐνεργειακὲς ἀνταλλαγές, ὁλοκληρωμένα σχήματα, δηλαδή μορφές, διαδίδονται καὶ ἀποτυπώνονται στὶς δομὲς-μνημὲς τῶν ἀποδεκτῶν μὲ νέες ἀφηρημένες μορφές, ὡς ἐμπειρικὴ πληροφορία. Ἔτσι, ἀποκαθίσταται ἡ «ἐπικοινωνία» μεταξὺ τοῦ φυσικοῦ συστήματος ποὺ δημιουργεῖ καὶ διαδίδει τὸ σχῆμα, ὡς ἔκφραση τῆς δυναμικῆς του καταστάσεως καὶ συμπεριφορᾶς, καὶ τοῦ συστήματος-ἀποδέκτου τὸ ὁποῖο συσχετίσε καὶ ἀποτύπωσε τὴν σχετικὴ «πληροφορία».

Ἡ «ἐσωτερικὴ ἀποτύπωση» συνίσταται στὴν διεργασία τῆς ἀφαιρέσεως καὶ τῆς ἀποτυπώσεως τῆς αἰσθητήριας πληροφορίας στὶς δομὲς-μνημὲς τοῦ ἀποδέκτη. Ἔτσι, ἡ ἐπικοινωνία καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀποτύπωση παίζουν ἐνεργὸ καὶ σημαντικὸ ρόλο στὴν συνεχὴ διαφοροποίησι καὶ ὀργάνωσι τοῦ φυσικοῦ, τοῦ βιολογικοῦ καὶ τοῦ κοινωνικοῦ κόσμου, τῆς ἀνθρώπινης συμπεριφορᾶς, ἀκόμα καὶ τοῦ κόσμου τῶν ἰδεῶν. Ἡ ἀνταλλαγὴ πληροφοριῶν ἔχει κεντρικὸ ρόλο στὶς διαδικασίες προσαρμογῆς

καὶ ἐξελίξεως τῶν ἀνοικτῶν δυναμικῶν φυσικῶν, βιολογικῶν καὶ κοινωνικῶν συστημάτων. Θὰ πρέπει νὰ σημειωθεῖ ἐδῶ ὅτι ἡ διὰ συμβόλων ἀλληλοεπίδραση μεταξὺ δύο ἐπικοινωνούντων συστημάτων δὲν ἔγκειται στὴν πιστὴ ἀντιγραφή, ἀλλὰ στὴν ἀναπαράσταση, τὴν προσομοίωση καὶ τὴν ἀφομοίωση (modeling, simulation and assimilation) τῶν αἰσθητηρίων μορφῶν ἀπὸ τὰ ἐπικοινωνοῦντα συστήματα.

Ἡ ἀνταλλαγή πληροφορίας προϋποθέτει τὴν ἀνάπτυξη «γλωσσῶν» ἐπικοινωνίας, δηλαδὴ τὸν καθορισμὸ τοῦ ἀλφαβήτου καὶ τῶν κανόνων τῆς χωροχρονικῆς κωδικοποίησεως τῶν μορφῶν ποὺ εἶναι οἱ φορεῖς τῆς πληροφορίας. Ἔτσι, οἱ γλῶσσες ἐπικοινωνίας γίνονται ἐργαλεῖα αὐτο-οργανώσεως καὶ ἐξελίξεως τοῦ δέκτη. Ἰδιαίτερα σημαντικὸς εἶναι ὁ ρόλος τῆς ἀνταλλαγῆς πληροφοριῶν στὴν ἐξελικτικὴ μοριακὴ βιολογία, στὴν ἀνάπτυξη ἰδεῶν, ἀκόμα καὶ στὴν ἀνάπτυξη νέων μορφῶν αἰσθητικῆς. Ἡ ἐξέλιξη τῶν πρωτεϊνῶν, τῶν βιολογικῶν κυττάρων καὶ τοῦ ἀνθρωπίνου ἐγκεφάλου μὲ διαδικασίες διαφοροποιήσεως, αὐτο-οργανώσεως, καὶ τελεονομικῆς δημιουργίας πληροφορίας ὑψηλοτέρας ποιότητος, εἶναι βασικὰ ἐξαρτημένη ἀπὸ τὴν ἀνταλλαγή πληροφοριῶν, δηλαδὴ ἀπὸ τὴν ἐπικοινωνία.

3. Η ΝΕΑ ΦΥΣΙΚΗ

3.1 Ἀποκλίσεις ἀπὸ τὰ σύμβολα καὶ τὶς γλῶσσες τῆς ἐμπειρίας

Τὰ σύμβολα καὶ οἱ γλῶσσες ποὺ χρησιμοποιοῦμε γιὰ τὴν ἐπικοινωνία μας εἶναι ἀνθρώπινα δημιουργήματα ἐμπνευσμένα ἀπὸ τὴν καθημερινὴ ἐμπειρία μας. Οἱ θεωρίες τῆς κλασικῆς φυσικῆς καὶ οἱ ἀντίστοιχες περιγραφές τοῦ κόσμου χρησιμοποιοῦν τὰ σύμβολα καὶ τὶς παραστάσεις τῆς ἀνθρώπινης ἐμπειρίας, οἱ ὁποῖες δὲν προσβάλλουν τὴν κοινὴ λογικὴ. Ὅμως, ἡ «πραγματικότητα», ἡ ὁποία γιὰ ἐμᾶς τοὺς ἀνθρώπους θεωρητικοποιεῖται μὲ μαθηματικὴ καὶ ἐπιχειρηματολογικὴ συνέπεια, καὶ ἡ ὁποία γίνεται αἰσθητὴ ἀπὸ παρατήρηση καὶ ἀπὸ ἀνθρωποκεντρικὴ ἐρμηνεία τῶν δεδομένων, μπορεῖ νὰ μᾶς ξαφνιάσει ἢ καὶ νὰ μᾶς ξενίσει. Οἱ προτάσεις τῆς νέας φυσικῆς ὑποδεικνύουν σύμβολα καὶ συμπεριφορὲς ποὺ συχνὰ ἀντιστρατεύονται τὶς λογικὲς τῆς ἐμπειρίας μας, καὶ ποὺ, ἐν τούτοις, ἐπιβεβαιώνονται ἀπὸ τὴν παρατήρηση καὶ τὸ πείραμα.

Στὰ περιορισμένα χρονικὰ πλαίσια ποὺ ἔχουμε στὴν διάθεσή μας θὰ ἀναφερθοῦμε σὲ μερικὲς μόνο θεμελιώδεις ἔννοιες τῆς νέας φυσικῆς, οἱ ὁποῖες μᾶς ἀναγκάζουν σὲ μία νέα θεώρηση τῆς ἐπιστήμης τῆς φυσικῆς, μία θεώρηση ποὺ φωτίζεται «μὲ τὸ λυχνάρι τῆς πληροφορίας», ὅπως τὸ εἶπαμε καὶ σὲ προηγούμενη συνάντησή

μας [4], αλλά και η οποία μάς οδηγεί στο εκπληκτικό συμπέρασμα ότι η φυσική, δηλαδή η περιγραφή της γνώσης μας για τον κόσμο, και η αντίληψή μας για την φύση, είναι πληροφορία. Την νέα αυτή θεώρηση του κόσμου την συνοψίζει ο J. A. Wheeler με την φράση «*It from Bit*», δηλαδή «Κάθε Τί (που υπάρχει) προέρχεται από την Πληροφορία», ή όπως εγώ προτιμώ να την εκφράζω με την φράση «*I Compute therefore It Exists*», δηλαδή «Παρατηρώ και Έρμηνεύω, γι' αυτό και Υπάρχει».

3.2 Το μυστήριο της ταχύτητας του φωτός

Ο Άϊνστάιν ανέπτυξε την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας, στην προσπάθειά του να ξεδιαλύνει το μυστήριο της ταχύτητας του φωτός. Το σχετικό επιστημονικό σκηνικό στην αρχή του αιώνα ήταν ως εξής. Οι εξισώσεις του Μάξγουελ, οι οποίες περιγράφουν την συμπεριφορά των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, δίδουν αυτόματα μια συγκεκριμένη τιμή ταχύτητας με την οποία ταξιδεύουν. Αυτή η μοναδική τιμή ταχύτητας απέδειχθη ότι είναι ακριβώς η ταχύτητα του φωτός, την οποία εν τω μεταξύ είχαν μετρήσει οι επιστήμονες. Το γεγονός αυτό απεκάλυψε ότι το φως είναι μια ακόμη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, όπως τα ραδιοκύματα, αλλά με μεγαλύτερες συχνότητες, και ότι όλες οι μορφές ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ταξιδεύουν με την ίδια ταχύτητα. Μετρήθηκε όμως η ταχύτητα του φωτός και βρέθηκε να έχει τιμή αμετάβλητη προς κάθε κατεύθυνση μέσα στο σύμπαν και ανεξάρτητη από την κίνηση του παρατηρητή. Το περίεργο αυτό φαινόμενο δεν βρήκε εξήγηση, παρά τις επίμονες προσπάθειες αναφορές του στον απόλυτο χώρο κάποιου «αιθέρα».

Ο Άϊνστάιν διαλεύκανε το μυστήριο με την ειδική θεωρία της σχετικότητας. Πρότεινε (1905) ότι όλα τα συστήματα αναφοράς των παρατηρήσεων είναι εξ ίσου έγκυρα και ότι δεν υπάρχει απόλυτο πλαίσιο αναφοράς [9]. Κάθε παρατηρητής που κινείται με σταθερή ταχύτητα μπορεί να θεωρεί τον εαυτό του στάσιμο, και να βρίσκει τα αντικείμενα να κινούνται στο πλαίσió του σύμφωνα με τους νόμους του Νεύτωνα. Επίσης, βρίσκει τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα να υπακούουν στις εξισώσεις του Μάξγουελ και να ταξιδεύουν με την ίδια πάντοτε μεγίστη και αμετάβλητη ταχύτητα του φωτός. Επιπροσθέτως, η σχετική ταχύτητα δύο παρατηρητών που ανταλλάσσουν φωτεινά σήματα δεν επηρεάζει την (σταθερή πάντοτε) ταχύτητα του φωτός όπως αυτή μετράται σε κάθε ξεχωριστό πλαίσιο αναφοράς! Έτσι, δύο ταχύτητες δεν μπορούν να προστεθούν σε μία σχετική ταχύτητα μεγαλύτερη της ταχύτητας του φωτός, με τον τρόπο που συμβαίνει στις μικρές ταχύτητες της έμπειρίας μας.

Σε σχετικὲς καὶ ἀντίθετες κινήσεις κοντὰ στὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, ἄς ποῦμε δύο παρατηρητῶν ποὺ κινοῦνται μετωπικά μὲ ταχύτητες 0.9c, ὅπως αὐτὲς μετροῦνται ἀπὸ τρίτον στάσιμο παρατηρητὴ, μετρήσεις στὰ κινούμενα πλαίσια θὰ δείξουν ταχύτητα μεγαλύτερη μὲν ἀπὸ 0.9c, ἀλλὰ πάντα μικρότερη ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός c.

3.3 Οἱ παράξενες ιδιότητες τοῦ χωροχρόνου

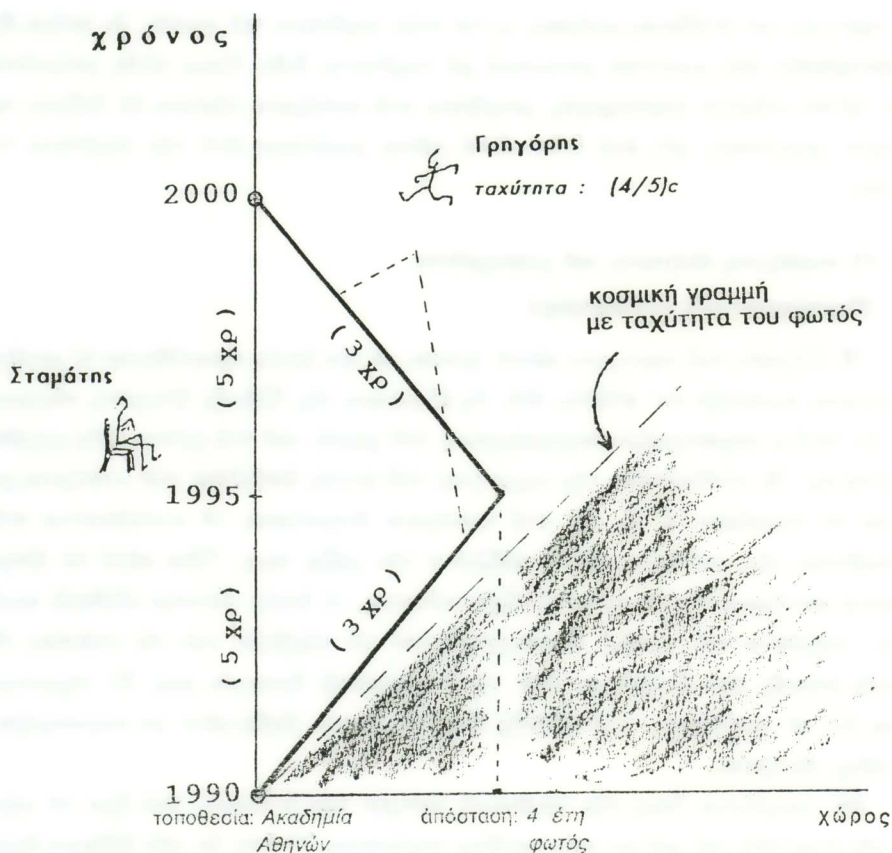
Παραμορφωτικὴ συμπεριφορὰ

Ἡ ἐξήγηση τοῦ περίεργου αὐτοῦ τρόπου μὲ τὸν ὁποῖο προστίθενται οἱ μεγάλες ταχύτητες προέκυψε ἀπ' αὐθείας ἀπὸ τὴς ἐξισώσεις τῆς Εἰδικῆς Θεωρίας, σύμφωνα μὲ τὴς ὁποῖες παρατηροῦμε παραμόρφωση τοῦ χώρου καὶ τοῦ χρόνου στὴς μεγάλες ταχύτητες. Ἡ σταθερότητα τῆς ταχύτητας τοῦ φωτός ἐπιβάλλει στὰ κινούμενα ρολόγια νὰ πηγαίνουν ἄργά, καὶ στὰ κινούμενα ἀντικείμενα νὰ συστέλλονται στὴν κατεύθυνση τῆς κινήσεως καὶ νὰ αὐξάνουν τὴν μάζα τους. "Ὅλα αὐτὰ τὰ ἀπερίγραπτα φαινόμενα τῆς Θεωρίας τῆς Σχετικότητας, τὰ ὁποῖα γίνονται αἰσθητὰ κοντὰ στὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, ἀντιστρατεύονται τὰ σύμβολα καὶ τὴς γλῶσσες τῆς κοινῆς λογικῆς ποὺ ἀπορρέουν ἀπὸ τὴν καθημερινὴ ἐμπειρία μας. Τὸ σημαντικὸ εἶναι ὅτι οἱ προβλέψεις τῆς εἰδικῆς θεωρίας ἔχουν βεβαιωθεῖ μὲ παρατηρήσεις μεγάλης ἀκριβείας.

Θὰ γνωρίζεται ἴσως τὴν ὑποθετικὴ ἱστορία τῶν διδύμων, ποὺ ἔχει νὰ κάνει μὲ τὴν διαστολὴ τοῦ χρόνου στὴς μεγάλες ταχύτητες. Ὁ ἓνας ἐκ τῶν διδύμων ἔφυγε σὲ ἀστρικὸ ταξίδι διάρκειας 10 γήινων ἐτῶν καὶ ταξίδεψε μὲ ταχύτητα $4/5$ τῆς ταχύτητας τοῦ φωτός, ἐνῶ ὁ ἄλλος ἔμεινε στὴν γῆ. "Ὅταν ὁ ταξιδιώτης ἐπέστρεψε, ἦταν 4 χρόνια μικρότερος τοῦ ἀδελφοῦ του. Ἡ περίπτωση εἰκονογραφεῖται στὴν εἰκόνα 1

Ἡ ἐνότητα χώρου καὶ χρόνου

Ἡ παγκόσμια σταθερὰ τῆς ταχύτητας τοῦ φωτός εἶναι ἓνα μέτρο ποὺ συσχετίζει τὸν χῶρο, δηλαδὴ τὸ μῆκος, μὲ τὸν χρόνο. Ἡ τιμὴ τῶν 300.000 χμ/δλ εἶναι τὸ συμπτωματικὸ ἀποτέλεσμα τῆς ἐπιλογῆς τῶν μονάδων μετρήσεως τοῦ χώρου καὶ τοῦ χρόνου, καὶ γι' αὐτὸ δὲν προσφέρει διδακτικὴ ἀξία. "Αν ἀντικαταστήσουμε τὴν χρονικὴ διάρκεια μὲ τὴν ἀντίστοιχη ἀπόσταση ποὺ διανύεται ἀπὸ τὸ φῶς, ἔτσι ὥστε νὰ ἔχουμε κοινὴ μονάδα μετρήσεως στὸν χῶρο καὶ στὸν χρόνο, τότε ἡ ταχύτητα τοῦ φωτός παίρνει τὴν τιμὴ τῆς μονάδος καὶ οἱ ἐξισώσεις τῆς Εἰδικῆς Θεωρίας συσχετίζουν ἰσότιμα τὸν χῶρο καὶ τὸν χρόνο. Παρατηροῦμε καὶ ἐρμηνεύουμε τὰ φυσικὰ φαινόμενα στὸν ἐνοποιημένο «χωροχρόνο».



Εικόνα 1. 'Ο Σταμάτης που παραμένει στάσιμος στον χώρο μετράει 10 χρόνια στο γήινο ρολόι του, ενώ ο δίδυμος αδελφός του Γρηγόρης, ο οποίος κινείται με ταχύτητα $(4/5)c$, μετράει στο δικό του κινούμενο ρολόι 6 χρόνια, και επιστρέφει να συναντήσει τον δίδυμο αδελφό του τέσσερα χρόνια νεώτερος.

Οι εξισώσεις της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας απέκλυψαν ότι ο χωρο-χρόνος παρουσιάζει (στην παρατήρηση) γεωμετρικές ιδιότητες. Οι εξισώσεις δικαιολογούν το αμετάβλητο και το μέγιστο της τιμής της ταχύτητας του φωτός σαν αποτέλεσμα «γεωμετρικών παραμορφώσεων» στις μετρήσεις του χώρου και του χρόνου. 'Οδήγησαν, επίσης, στην ανακάλυψη της φημισμένης σχέσεως $E = mc^2$, ή οποία επιβεβαιώθηκε με δραματικό τρόπο κατά την διάρκεια του 2ου Παγκόσμιου Πολέμου.

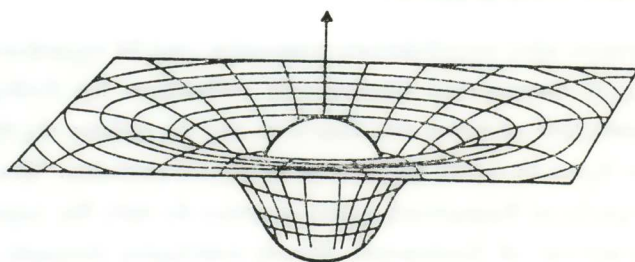
Ἡ γεωμετρία τοῦ χωροχρόνου

Στὸν περίεργο αὐτὸ τετραδιάστατο χωροχρόνο (ποὺ θὰ σημειώνεται γιὰ συντομία καὶ ὡς «*χχ*») διαφορετικοὶ παρατηρητὲς καθορίζουν τὴν διαδοχὴ τῶν γεγονότων ποὺ παρατηροῦν μὲ τρόπο ποὺ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὶς σχέσεις τῆς θέσεως καὶ τῆς ταχύτητας ποὺ ἔχουν σὲ σχέση μὲ τὰ παρατηρούμενα γεγονότα. Ἔτσι, δύο διαφορετικοὶ παρατηρητὲς σὲ διαφορετικὴ σχέση κινήσεως ὡς πρὸς δύο γεγονότα Α καὶ Β (λέμε πῶς βρίσκονται σὲ διαφορετικὰ ἄδρανῇ συστήματα ἀναφορᾶς — *different inertial systems of reference*) μπορεῖ νὰ περιγράψουν τὴν διαδοχὴ τῶν γεγονότων αὐτῶν ὡς ΑΒ ἢ ὡς ΒΑ. Ἐγκαταλείπεται ἔτσι ἡ κλασικὴ ἀντίληψη ποὺ ἤθελε τὸν τρισδιάστατο χῶρο ὡς τὴν σκιανὴ θεάτρου στὴν ὁποία διαδραματίζονται τὰ φαινόμενα σὲ ἀνεξάρτητο καὶ ἀπόλυτο χρόνο, ὁ ὁποῖος «*ρέει* ἀπὸ τὰ χέρια τοῦ Θεοῦ». Ὁ χωροχρόνος τώρα γίνεται ἓνα στοιχεῖο τῆς γλώσσας τὴν ὁποία θὰ πρέπει νὰ χρησιμοποιήσῃ ὁ παρατηρητὴς στὴν περιγραφὴ τοῦ σύμπαντος, ἀκόμα καὶ ἂν μία τέτοια «*πραγματικότητα*» τοῦ εἶναι παράξενη.

Ἡ ἰδιοφυΐα τοῦ Ἀϊνστάιν συνειδητοποίησε τὴν σημασίαν τῶν συσχετίσεων τὶς ὁποῖες ἀπεκάλυψε ἡ Εἰδικὴ Θεωρία τῆς Σχετικότητας. Μελέτησε τὶς συνέπειες τῆς γεωμετρίας τοῦ χωροχρόνου πάνω στὸ φαινόμενο τῆς βαρύτητας. Ἐφάρμοσε τὶς ἐξισώσεις του γιὰ νὰ ὑπολογίσῃ τὴν τροχιά μίας δέσμης φωτὸς ποὺ ἀποστέλλεται ἀπὸ ἓνα παρατηρητὴ ποὺ βρίσκεται σὲ ἐλεύθερη πτώση σὲ πεδίο βαρύτητας. Ἀνακάλυψε ὅτι ὁ κινούμενος παρατηρητὴς θὰ δεῖ τὴν δέσμη *εὐθύγραμμη*, ἐνῶ γιὰ ἓνα στάσιμο παρατηρητὴ στὸ ἔδαφος ἡ τροχιά τῆς δέσμης θὰ εἶναι *καμπυλόγραμμη*.

Ὁ Ἀϊνστάιν ἀπέδωσε τὸ φαινόμενο αὐτὸ σὲ μίαν ἄλλη γεωμετρικὴ ἰδιότητα τοῦ χωροχρόνου. *Πρότεινε* ὅτι ἡ παρουσία ὕλης στὸν χῶρο παραμορφώνει τὸν χωροχρόνο γύρω της, ἔτσι ὥστε ἀντικείμενα ἢ ἀκτινοβολίες ποὺ κινοῦνται στὴν περιοχὴ αὐτὴν νὰ ἀποκλίνουν ἀκριβῶς ὡς ἂν ὑφίσταντο ἑλξὴ στὸν χῶρο τῆς παρατηρήσεως ἀπὸ μίαν «*δύναμη*» ποὺ εἶναι ἀντίστροφα ἀνάλογη μὲ τὸ τετράγωνο τῆς ἀποστάσεως ἀπὸ τὸ πειραματικὰ διαπιστούμενο κέντρο βάρους τῆς ὕλης, ὅπως ἀπεικονίζεται στὴν εἰκόνα 2.

Γενικότερα, ὁ Ἀϊνστάιν διατύπωσε μὲ μαθηματικὲς ἐξισώσεις τὶς γεωμετρικὲς ἰδιότητες τοῦ χωροχρόνου, οἱ ὁποῖες ἐπιβεβαιώνονται μὲ τὴν παρατήρηση. Ἀκολουθώντας τὶς ἰδέες αὐτές, ὁ Ἀϊνστάιν ἀνέπτυξε τὶς ἐξισώσεις ποὺ περιγράφουν αὐτὴν τὴν «*γεωμετρικὴ*» σχέση ὕλικῶν ἀντικειμένων στὸν χωροχρόνο, μίαν δουλειὰ ποὺ τοῦ πῆρε δέκα χρόνια. Ἡ Γενικὴ Θεωρία τῆς Σχετικότητας, ἡ ὁποία συμπληρώθηκε τὸ 1915 καὶ δημοσιεύθηκε τὸ 1916, ἐπεκτάθηκε πολὺ πέραν τοῦ περίφημου νόμου τοῦ Νεύτωνα, τοῦ ἀντιστρόφου τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως, καὶ προσέφερε



$$F = g \frac{m_1 m_2}{d^2} \quad (\text{περίπου})$$

Εικόνα 2. Σταθερά έλξεως
τῆς βαρύτητας

μία γενική θεωρία τῆς βαρύτητας ποὺ ἀγκαλιάζει ὅλο τὸ σύμπαν καὶ ἐξακολουθεῖ, μετὰ ἀπὸ 80 χρόνια, νὰ προσφέρει βάζση γιὰ περισσότερη ἔρευνα γύρω ἀπὸ τὰ μυστήρια τῆς δημιουργίας καὶ τῆς ἐξελίξεως τοῦ σύμπαντος. Περιγράφει τὴν βαρύτητα ὡς ἐὰν ἡ ὕλη νὰ ὑποδεικνύει στὸν χωροχρόνο πῶς νὰ καμπυλώνει, καὶ οἱ κυρτώσεις τοῦ χωροχρόνου νὰ ὑποδεικνύουν στὴν ὕλη καὶ στὰ φωτόνια πῶς νὰ κινοῦνται. Οἱ προτάσεις αὐτὲς ἐπιβεβαιώθηκαν θριαμβευτικὰ μὲ πειράματα ἀκριβείας.

Ὁ χωροχρόνος διαστέλλεται

Ἄλλη μία ἐκπληκτικὴ διαπίστωση τῆς γενικῆς θεωρίας τῆς σχετικότητας, συνέπεια καὶ αὐτὴ τῶν ἐξισώσεων ποὺ ἐκφράζουν τὴν γεωμετρία τοῦ $\chi\chi$, ἀφορᾷ τὸν διαστελλόμενο χωροχρόνο. Οἱ ἐξισώσεις ἔδειξαν ὅτι ὁ $\chi\chi$ δὲν δύναται νὰ εἶναι στατικός, ἀλλὰ πρέπει νὰ ἀλλάζει μέγεθος, δηλαδὴ πρέπει νὰ διαστέλλεται ἢ νὰ συστέλλεται. Ἡ ἀποκάλυψη αὐτὴ τὴν φορὰ ξάφνιασε καὶ τὸν ἴδιο τὸν Ἀϊνστάιν σὲ βαθμὸ ὥστε νὰ ἐπιχειρήσει τροποποίηση τῆς θεωρίας του ποὺ νὰ ἀναιρεῖ αὐτὴν τὴν διαπίστωση καὶ νὰ συμφωνεῖ μὲ τὴν Νευτώνεια ἀποψη ἐνὸς στατικοῦ σύμπαντος. Ὄταν ἀργό-

τερα (1929) ο Edwin Hubble, χρησιμοποιώντας ένα νέο δυνατό τηλεσκόπιο στην Καλιφόρνια, διαπίστωσε με παρατηρήσεις ότι το σύμπαν όντως διαστέλλεται, ο 'Αϊνστάιν χαρακτήρισε την απόπειρά του να τροποποιήσει τις εξισώσεις του, ώστε να «κρατήσει» το σύμπαν στατικό, ως την μεγαλύτερη γκάφα της ζωής του. 'Αναφερθήκαμε στον διαστελλόμενο $\chi\chi$ σε προηγούμενη διάλεξη.

Οι εξισώσεις της γενικής θεωρίας της σχετικότητας [9] δείχνουν ότι ο διαστελλόμενος $\chi\chi$ «ξεδιπλώνεται» παρασύροντας τους γαλαξίες σε μία διαρκή κίνηση που τους απομακρύνει τον ένα από τον άλλο, όπως συμβαίνει με δισδιάστατες κηλίδες οι οποίες, στην επιφάνεια ενός μπαλονιού που φουσκώνει, απομακρύνονται αλλήλων. Βέβαια, οι γαλακτικές «κηλίδες» στην επιφάνεια του τετραδιάστατου μπαλονιού αποτελούν τοπικά «ρυτιδιασμένα βαθουλώματα» του $\chi\chi$, τα οποία προξενούνται από την παρουσία των τεράστιων γαλακτικών μαζών.

'Αλλά, εάν οι γαλαξίες απομακρύνονται αλλήλων παρασυρόμενοι από τον διαστελλόμενο χωροχρόνο, αυτό σημαίνει ότι στο άπώτερο παρελθόν ήταν κοντύτερα αλλήλων. Τέθηκε λοιπόν το ερώτημα: 'Υπήρξε κάποια «άρχη» της Δημιουργίας του σύμπαντος, όταν ο χωροχρόνος ήταν ένα μαθηματικό σημείο; 'Ισως το σύμπαν γεννήθηκε από μία υπέρπυκνη και υπέρθερμη έμπρηστική βόμβα με μία «Μεγάλη Έκρηξη». Το πρόβλημα της Δημιουργίας, όμως, δεν λύθηκε τόσο απλά. Το μαθηματικό «άπειρο» και «σημείο» αποτελούν άνοησιες (singularities) όσον αφορά την φυσική περιγραφή των πραγμάτων. 'Αλλωστε, η ύπαρξη σημείου στην αρχή της Δημιουργίας υποδηλώνει και κατάρρευση των νόμων της Φυσικής, αφού απαγορεύεται από την 'Αρχή της 'Αβεβαιότητας. 'Ο καθορισμός των «αρχικών» και των «όριακών συνθηκών» στην δημιουργία του σύμπαντος αποτελεί σήμερα ένα ακόμη ανοικτό έρευνητικό θέμα.

Θα αναφερθούμε τώρα στις σημαντικότερες έννοιες της Κβαντικής Μηχανικής, οι οποίες αντιστρατεύονται την έμπειρική κοινή λογική.

3.4 'Ο κβαντικός κόσμος

Το κβάντο

Το έτος 1900, λίγο πριν τις επαναστατικές αποκαλύψεις του 'Αϊνστάιν, ο Μάξ Πλάνκ έδειξε ότι η ενέργεια παρουσιάζεται, μεταβιβάζεται και απορροφάται σε μικρά πακέτα, η «κβάντα». Αυτή η φαινομενικά απλή διαπίστωση οδήγησε στην μεγαλύτερη μέχρι σήμερα έπιστημονική επανάσταση, την κβαντική επανάσταση.

Ὁ Πλάνκ διαπίστωσε κάτι πολύ σημαντικό, ὅτι ἡ «δράση» τῶν κβάντα, δηλαδή τὸ γινόμενο τῆς ἐνέργειας ἐπὶ τὴν χρονικὴ διάρκεια, δὲν μπορεῖ νὰ εἶναι μικρότερη ἀπὸ ἓνα ἐλάχιστο ὄριο, ποὺ πῆρε τὸ ὄνομα «σταθερὰ τοῦ Πλάνκ», καὶ ἔχει τὴν τιμὴ: $h/2\pi = 1,05 \times (10^{-27})$ γρ. $\text{εκ}^2/\delta\lambda$.

Ἡ ἀρχὴ τῶν κβάντα διατυπώθηκε ἀρχικὰ γιὰ τὴν θερμικὴ ἐνέργεια, γρήγορα ὅμως ἐπεκτάθηκε σὲ ὅλο τὸ φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας ὅταν, τὸ 1905, ὁ Ἀϊνστάιν ἔδειξε τὴν σωματιδιακὴ συμπεριφορὰ τοῦ φωτός μὲ τὸ φωτοηλεκτρικὸ πείραμα, ἐπίτευγμα γιὰ τὸ ὁποῖο ἀργότερα, τὸ 1915, τιμήθηκε μὲ τὸ βραβεῖο Νόμπελ.

Ἡ διπλὴ ἐκδήλωση «κύμα-σωματίδιο», ἡ ὁποία διαπιστώθηκε πειραματικὰ γιὰ τὴν ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία, προτάθηκε ἀργότερα καὶ γιὰ τὰ ὑλικά σωματίδια ἀπὸ τὸν Louis de Broglie καὶ διαπιστώθηκε ἐπίσης πειραματικὰ, πυροδοτώντας ἔτσι καὶ ἄλλες θεμελιώδεις ἀναθεωρήσεις στὴν Φυσικὴ. Ὁ ὅρος «κυματίδιο» («κυματοσωματίδιο») χρησιμοποιεῖται γιὰ νὰ ἐκφράσει τὴν διπλὴ ἐκδήλωση κύματος καὶ σωματιδίου ποὺ παρατηρεῖται στὰ στοιχειώδη κβαντικὰ φαινόμενα.

Νὰ ποῦμε ἐδῶ δύο λόγια γιὰ τὶς ἀυθαίρετες χαρακτηριστικὲς σταθερὲς τοῦ σύμπαντος, ὅπως εἶναι ἡ ταχύτητα τοῦ φωτός, ἡ σταθερὰ ἑλξέως τῆς βαρύτητας, καὶ ἡ σταθερὰ τοῦ Πλάνκ. Αὐτὲς εἶναι ἀυθαίρετες σταθερὲς γιατί δὲν καθορίζονται ἀπὸ καμία θεωρία, καὶ προκύπτουν μόνο ἀπὸ τὴν παρατήρηση καὶ τὴν μέτρηση. Εἶναι σημαντικό νὰ σημειώσῃ κανεὶς ὅτι κάθε μία ἀπὸ τὶς σταθερὲς αὐτὲς ἔχει καὶ μία θεμελιώδη σημασία γιὰ τὸν χαρακτήρα τοῦ σύμπαντος. Ἦδη γνωρίζουμε τὴν θεμελιώδη σημασία τῆς σταθερᾶς τῆς ταχύτητας τοῦ φωτός στὸν καθορισμὸ τοῦ ὁλοκληρωμένου χωροχρόνου. Ἐτσι ἐπίσης, ὅπου ἐμφανίζεται ἡ σταθερὰ τοῦ Πλάνκ σηματοδοτεῖ μὲ τὴν παρουσία της κάποιο «μπίτ», δηλαδή κάποιας ποσότητας, πληροφορίας. Ἐμφανίζεται σὲ τύπους καὶ σὲ σχέσεις ποὺ ἀφοροῦν στοιχειώδη κβαντικὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα στὴν παρατήρηση, ἀποτελοῦν ἀρχέγονες πράξεις δημιουργίας καὶ ἔχουν νὰ κάνουν κάθε φορὰ μὲ τὴν παρουσία τοῦ στοιχειώδους ποσοῦ πληροφορίας, δηλαδή ἐνὸς μπίτ πληροφορίας.

Μία ἄλλη σημαντικὴ παρατήρηση εἶναι ὅτι, ὅπως προκύπτει ἀπὸ ἀκριβεῖς ὑπολογισμούς, οἱ τιμὲς τῶν σταθερῶν αὐτῶν εἶναι τόσο εὐαίσθητα ρυθμισμένες ὥς πρὸς τὶς ἀκριβεῖς τιμές των, ὥστε, ἔστω καὶ ἐλάχιστες τυχόν ἀποκλίσεις, θὰ καθιστοῦσαν τὴν ὑπαρξὴ αὐτοῦ τοῦ σύμπαντος, καὶ ἡμῶν ἐδῶ καὶ τώρα, ἀδύνατη. Αὐτὴ ἡ διαπίστωση ὑποδεικνύει ὅτι ἂν οἱ ἀυθαίρετες σταθερὲς τοῦ σύμπαντος ἔπαιρναν ἄλλες τυχαῖες τιμὲς στὴν Μεγάλῃ Ἐκρηξῇ, ἐμεῖς δὲν θὰ εἴμαστε ἐδῶ τώρα γιὰ νὰ σπαζοκεφαλιάζουμε μὲ τὸ θέμα αὐτό.

Τὰ μεγέθη Πλάνκ

Ἄν θεωρήσει κανεῖς τὶς τρεῖς σταθερές, τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, τὴν σταθερὰ τῆς ἑλξείως τῆς βαρύτητας καὶ τὴν σταθερὰ τοῦ Πλάνκ, ἐκφρασμένες συναρτήσῃ τῶν θεμελιωδῶν μονάδων μήκους, μάζας καὶ χρόνου, τότε εἶναι δυνατόν νὰ ἐκφράσῃ καὶ ἀντιστρόφως τὶς μονάδες μήκους, μάζας καὶ χρόνου συναρτήσῃ αὐτῶν τῶν τριῶν σταθερῶν ποσοτήτων. Λαμβανομένων ὅμως ὑπ' ὄψιν τῶν περιορισμῶν ποὺ ἐπιβάλλουν τὸ μέγιστο ὄριο τῆς τιμῆς τῆς ταχύτητας τοῦ φωτός καὶ τὸ ἐλάχιστο ὄριο ποὺ καθορίζει ἡ σταθερὰ τοῦ Πλάνκ, ὅπως ἀναφέραμε καὶ προηγουμένως, προκύπτει ἕνα ἐλάχιστο ὄριο γιὰ τὴν τιμὴ χρονικῆς διάρκειας καὶ μήκους. Οἱ σχέσεις ποὺ δικαιολογοῦν αὐτὸ τὸ συμπέρασμα παρατίθενται στὴν ἀκόλουθη εἰκόνα 3.

$$g = 6,7 \times 10^{-8} \quad \text{cm}^3/\text{gr} \cdot \text{sec}^2$$

$$c = 3 \times 10^{10} \quad \text{cm/sec}$$

$$h/2\pi = 1,05 \times 10^{-27} \quad \text{gr} \cdot \text{cm}^2/\text{sec}$$

$$V = LT^{-1} \quad , \quad F = g \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

$$g = mL T^{-2} m^{-2} L^2 = m^{-1} L^3 T^{-2}$$

$$A = ET = FLT = m L^2 T^{-1}$$

$$AgV^{-5} = (mL^2 T^{-1}) (m^{-1} L^3 T^{-2}) (L^{-5} T^{-5}) = T^2$$

$$T = (AgV^{-5})^{1/2}$$

$$T > (h/2\pi g c^{-5})^{1/2} =$$

$$= (1,05 \times 10^{-27} \times 6,7 \times 10^{-8} \times 3^{-5} \times 10^{-50})^{1/2} =$$

$$= 5,4 \times 10^{-44} \text{ sec}$$

$$L > cT = 3 \times 10^{10} \times 5,4 \times 10^{-44} =$$

$$= 1,62 \times 10^{-33} \text{ cm}$$

Εἰκόνα 3.

Ἡ ἐλαχίστη δυνατὴ τιμὴ τῆς χρονικῆς διάρκειας, ἡ ὁποία ὀνομάζεται «χρόνος Πλάνκ», εἶναι $5,4 \times (10^{-44})$ δλ. Ἐτσι, ἀποκαλύπτεται νὰ εἶναι ἀδύνατο νὰ κοπεῖ ὁ χρόνος σὲ φέτες πιὸ λεπτές ἀπὸ τὴν διάρκεια τοῦ χρόνου Πλάνκ. Ὁ χρόνος ἐκεῖ χάνει τὸ νόήμά του, ἐφ' ὅσον εἶναι ἀδύνατο νὰ καθοριστῇ διαδοχὴ γεγονότων μικρότερης διάρκειας. Οὐσιαστικά, ὁ χρόνος Πλάνκ ἐξαφάνισε ἀπὸ τὴν φυσικὴ τὴν ἔννοια τῆς «στιγμῆς». Ἀνάλογα ἰσχύουν καὶ γιὰ τὸ ἐλάχιστο ὄριο μήκους, τὸ «μῆκος Πλάνκ», περίπου 10^{-33} ἐκ., τὸ ὁποῖο ἐξαφανίζει ἀπὸ τὴν φυσικὴ τὴν ἔννοια τοῦ «μαθηματικοῦ σημείου» μὲ μηδενικὲς διαστάσεις.

Ὁ χωροχρόνος εἶναι κυτταρικός

Ἡ σημαντικὴ ἀποκάλυψη ἐδῶ εἶναι ὅτι ὁ χωροχρόνος παρουσιάζεται «κυτταρικός», καὶ ὅτι στὸ κύτταρο Πλάνκ χάνονται οἱ ἔννοιες τοῦ χώρου καὶ τοῦ χρόνου. Αὐτὴ ἡ διαπίστωση δίνει διέξοδο στὴν ἀβεβαιότητα ποὺ ἀπορρέει ἀπὸ τὴν Ἀρχὴ τῆς Ἀπροσδιοριστίας γιὰ τὶς ἀρχικὲς συνθῆκες στὴν Μεγάλῃ Ἐκρηξῇ, ἡ ὁποία ἀποκλείει τὶς ἔννοιες τοῦ «σημείου ἄπειρης πυκνότητος μάζας-ἐνέργειας» καθὼς καὶ τῆς «στιγμῆς» τῆς δημιουργίας τοῦ χρόνου. Τὸ παλλόμενο σύμπαν τοῦ, Freedmann, τὸ ὁποῖο παρουσιάσαμε σὲ προηγούμενη ὁμιλία, μπορεῖ νὰ διέρχεται τὴν μετάβαση ἀπὸ τὴν Μεγάλῃ Σύνθλιψη στὴν Μεγάλῃ Ἐκρηξῇ μέσα ἀπὸ τὴν «ἀνυπαρξία» τοῦ κυττάρου Πλάνκ.

Οἱ παράλογες καὶ μεταφυσικὲς αὐτὲς περιγραφὲς τῆς φύσεως, τῆς δημιουργίας καὶ τῆς ἐξελίξεως τοῦ σύμπαντος, ἀνήκουν μᾶλλον σὲ μυστηριακὲς καὶ παραισθητικὲς αἰτιάσεις, οἱ ὁποῖες μποροῦν νὰ περιλαμβάνουν καὶ ψυχοενεργητικὰ φαινόμενα ἀλληλοεπιδράσεως τῆς συνειδήσεως μὲ τὴν ὕλη καὶ τὴν ἀκτινοβολία. Οἱ ἔρευνες στὶς περιοχὲς αὐτὲς παίρνουν στὰ τελευταῖα εἴκοσι χρόνια διαστάσεις ἐπιστημονικῶν παρατηρήσεων καὶ θεωριῶν.

4. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗ

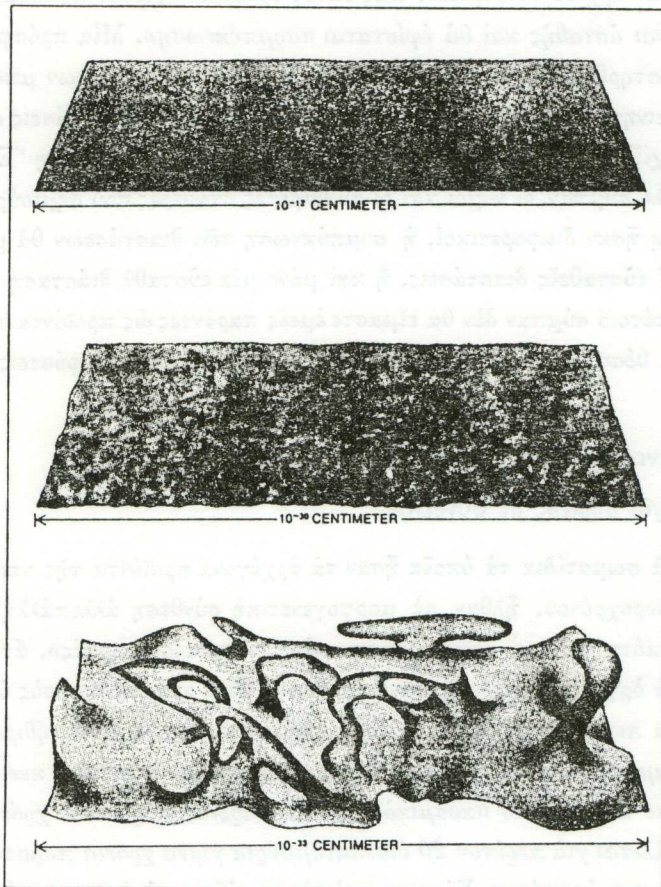
4.1 Μορφογενετικὴ Δυναμικὴ τῆς Γεωμετρίας τοῦ XX:

Μορφές-κυματίδια ἀπὸ τὴν γεωμετροδυναμικὴ τοῦ χχ

Μία ἀκόμη παραδοξότητα τῆς νέας φυσικῆς, ἡ ὁποία δείχνει πόσο οἱ ἰδέες ἔχουν ἀποκλίνει ἀπὸ τὶς παραστάσεις τῆς ἐμπειρίας μας, ἀφορᾷ τὶς τελευταῖες ἐκδοχὲς τῆς πολλὰ ὑποσχόμενης θεωρίας τῶν ὑπερχορδῶν (the superstring theory), ἀπὸ τὶς ὁποῖες φαίνεται πὼς τὰ πολυπλόθητα γκραβιτόνια, τὰ κυματίδια τῆς βαρύτητας, ἀναδύονται ἀπὸ τὶς μαθηματικὲς ἐξισώσεις «φυσιολογικά», ἀν καὶ μυστηριωδῶς, καὶ σὲ πολλὰς διαστάσεις (ἀναφέρονται 26). Οἱ μαθηματικοὶ δὲν δυσκολεύονται νὰ ἔχουν σχέσεις μὲ πολυδιάστατους χώρους, καί, ὅταν τὸ θεωροῦν ἀναγκαῖο, χρησιμοποιοῦν μία μικρὴ ταχυδακτυλογραφία γιὰ νὰ «ξεφορτωθοῦν» τὶς πρόσθετες διαστάσεις ὅταν ἐνοχλοῦν. Εἶναι κάτι ποὺ τὸ ὀνομάζουν «συμπύκνωση» (compactification), καὶ μοιάζει σὰν νὰ βλέπει κανεὶς καὶ νὰ περιγράφει ἓνα πολυδιάστατο ἀντικείμενο ἀπὸ διαφορετικὲς ἀποστάσεις καὶ διαφορετικὲς γωνίες ὄψεως, μὲ ἀποτέλεσμα τὴν ἐλάττωση τοῦ ἀριθμοῦ τῶν διαστάσεων τοῦ ἀντικειμένου. Σὰν παράδειγμα, ἓνας μακρόστενος κύλινδρος μπορεῖ νὰ φαίνεται ἀπὸ ἀπόσταση ὡς ἓνα ἐπίπεδο ὀρθογώνιο δύο

διαστάσεων, ή ως μία ευθεία γραμμή μίας διαστάσεως, ή ακόμη ως ένα σημείο μηδέν διαστάσεων, αν τον παρατηρήσουμε από μεγάλη απόσταση πλαγίως ή στην κατεύθυνση του άξονά του. Έτσι και ή γή στα μάτια ενός αστροναύτη θα φαίνεται από το διάστημα ως ένας λεϊος και όμαλός δίσκος.

Ο J. A. Wheeler φαντάζεται την γεωμετρία του πολυδιάστατου κβαντικού κενού του χωροχρόνου να γίνεται όλο και πιο χαοτική στις κλίμακες κοντά στο μήκος Πλάνκ, με κυρτότητες και βίαιες ταλαντώσεις, όπως δείχνει ή εικόνα 4 την όποία συνέθεσε ό ίδιος τó 1957.



Εικ. 4. «Η γεωμετροδυναμική του χχ στις κλίμακες Πλάνκ (Wheeler '57)».

Τό κβαντικό κενό, όπως τό φαντάστηκε ό John Wheeler τó 1957, γίνεται περισσότερο χαοτικό όσο εξετάζουμε μικρότερες περιοχές του χώρου. Στην κλίμακα του ατομικού πυρήνα (10^{-12}) ό χώρος φαίνεται πολύ όμαλός. Εξετάζοντας πολύ πιο κοντά (10^{-30}) βλέπουμε να εμφανίζονται άνω-μαλίες (περισσότερες διαστάσεις). Σε κλίμακα 1000 φορές μικρότερη (κοντά στο μήκος Πλάνκ, 10^{-33}) οι κυρτότητες ύφίστανται βίαιες ταλαντώσεις.

Σύμφωνα με την άποψη αυτή, η παραχώδης γεωμετροδυναμική των 26 διαστάσεων δημιούργησε στις έκρηκτικές συνθήκες της Μεγάλης Έκρηξης πολυδιάστατες «μορφές» «συμπυκνώνοντας» τις 22 άσταθεϊς διαστάσεις σε ευσταθῆ τετραδιάστατα κυματίδια ὕλης καὶ ἀκτινοβολίας, φέρμιονες καὶ μπόζονες. Κατὰ τὴν ἀποψη σύγχρονων ἐπιφανῶν κοσμολόγων, ἡ διαδικασία αὐτὴ τῆς Δημιουργίας συνεχίζει νὰ ἐπιτελεῖται καὶ σήμερα γύρω ἀπὸ τὶς Μαῦρες Τρύπες στὸ διάστημα (ἀκτινοβολία Hawking).

Οἱ ἐξισώσεις τῆς νέας φυσικῆς ὑποδεικνύουν, ὅτι, μὲ ὅποιονδῆποτε ἀριθμὸ διαστάσεων καὶ ἂν ἄρχισε τὸ σύμπαν, ὅλες ἐκτὸς τριῶν τοῦ χώρου καὶ μίας τοῦ χρόνου πρέπει νὰ εἶναι ἀσταθῆς καὶ θὰ ὑφίσταται «συμπύκνωση». Μία πρόσφατη θεωρία, μάλιστα, ὑποστηρίζει ὅτι ἡ κατάρρευση τῶν ἄλλων 22 διαστάσεων μπορεῖ νὰ ἐξασφάλισε τὴν κινητήριον δύναμιν ἡ ὁποία ὥθησε τὶς ἄλλες τρεῖς διαστάσεις σὲ διαστολή, ἡ ὁποία συνεχίζεται εἴκοσι δισεκατομμύρια χρόνια μετὰ τὴν Μεγάλη Έκρηξη. Ἄν, σὲ κάποιον ἄλλο σύμπαν, οἱ νόμοι καὶ οἱ αὐθαίρετες σταθερὲς ποὺ δημιούργησε ἡ Μεγάλη Έκρηξη ἦσαν διαφορετικοί, ἡ συμπύκνωση τῶν διαστάσεων θὰ μπορούσε νὰ ἀφήσει 6 ἢ 7 εὐσταθεῖς διαστάσεις, ἢ καὶ μόνο μία εὐσταθὴ διάσταση χώρου. Φυσικά, σὲ ἓνα τέτοιο σύμπαν δὲν θὰ εἴμαστε ἐμεῖς παρόντες ὡς προϊόντα του, ἐδῶ καὶ τώρα, γιὰ νὰ θέσουμε τὰ ἐρωτήματά μας γιὰ τὰ μυστικὰ τῆς φύσεως.

4.2 Μορφογένεση με σύνθεση καὶ πολυπλοκότητα

Δημιουργία μορφῆς με σύνθεση

Τὰ ὕλινὰ σωματίδια τὰ ὁποῖα ἦσαν τὰ ἀρχέγονα προϊόντα τῆς γεωμετροδυναμικῆς τοῦ χωροχρόνου, ἤλθαν σὲ μορφογενετικὴ σύνθεση ἀλλεπάλληλων βαθμίδων πολυπλοκότητος, καὶ δημιούργησαν νέες εὐσταθεῖς «μορφές», ἄτομα, μόρια, ἀνόργανες καὶ ὀργανικὲς χημικὲς ἐνώσεις, ἀντικείμενα καὶ βιολογικοὺς ὀργανισμούς. Ἔτσι, μὲ ἓνα περίεργο τρόπο, οἱ μορφὲς τοῦ σύμπαντος δημιουργήθηκαν ἀπὸ τὴν γεωμετροδυναμικὴ τῶν ταλαντώσεων ἑνὸς χωροχρονικοῦ κβαντικοῦ κενοῦ, τὸ ὁποῖο δημιουργήθηκε ἀπὸ κάποιον «κοσμικὸ ἀγὸ ἀνυπαρξίας χώρου καὶ χρόνου», καὶ τὸ ὁποῖο διαστέλλεται γιὰ περίπου 20 δισεκατομμύρια γήινα χρόνια παρασύροντας μαζί του τὰ δημιουργήματά του. Σύμφωνα με τὴν παράξενην αὐτὴν θεωρίαν, ὁ χωροχρόνος δὲν ἀποτελεῖ τὸ σκηνικὸ πλᾶισιο μέσα στὸ ὁποῖο παίζεται τὸ δράμα τοῦ κόσμου μας, ἀλλὰ εἶναι ἓνας ἀπὸ τοὺς βασικοὺς ἡθοποιούς. Ἡ ἐπιτυχία τῆς θεωρίας αὐτῆς ὀφείλεται στὸ ὅτι ἐξηγεῖ πολλὰ ἀνεξήγητα μέχρι τώρα φαινόμενα. Γιὰ παράδειγμα, ἡ στενὴ συσχέτιση τοῦ ἀποκαλούμενου «ἄδειου» χώρου, ὁ ὁποῖος ἀποκαλύπτεται νὰ

ἐμπεριέχει τεράστια ἀποθέματα ἐνέργειας, μὲ τὴν ὕλη, καθιστᾷ εὐπεπτη τὴν διπλὴ ἐκδήλωση κύματος/σωματιδίου, ἡ ὁποία παρατηρεῖται στὰ στοιχειώδη κβαντικὰ φαινόμενα.

Γιὰ ἐμᾶς, σημασία ἔχει ὅτι οἱ «μορφές» ὕλης καὶ ἀκτινοβολίας, ποὺ δημιουργοῦνται ὡς ἀποτέλεσμα τῆς γεωμετροδυναμικῆς τοῦ χωροχρόνου, ὅπως καὶ οἱ «ἀναδυόμενες μορφές» ποὺ δημιουργοῦνται μὲ σύνθεση καὶ διαφοροποίηση σὲ ἀλλεπάλληλα ἐπίπεδα αὐξανόμενης πολυπλοκότητας, ἀποτελοῦν τὰ *μηνύματα* τῆς συνεχῶς ἐπιτελούμενης Δημιουργίας, τὰ ὁποῖα ἡ Ἐπιστήμη τῆς Πληροφορίας καλεῖται νὰ ἀποκωδικοποιήσει. Διαφαίνεται ὅλο καὶ περισσότερο ὅτι καμία περιγραφή τῆς «πραγματικότητας» ποὺ παρατηροῦμε καὶ «γνωρίζουμε» δὲν δύναται νὰ θεωρηθεῖ ὡς θεμελιώδης, ἀν δὲν τὴν ἀνάγουμε στὴν γλώσσα τῆς «πληροφορίας», στὴν γλώσσα τῶν μπίτς. *«Κάθε τι (ποὺ ὑπάρχει) προέρχεται ἀπὸ τὴν Πληροφορία», ἡ ἀνπροτιμᾶτε, «Παρατηρῶ καὶ Ἐρμηνεύω, γι' αὐτὸ καὶ Ὑπάρχει».*

Δημιουργία μορφῆς ἀπὸ πολυπλοκότητα

Ἔχουμε παρατηρήσει τὴν ἀνάδυση νέων χαρακτηριστικῶν μορφῶν στὴν φύση ὡς ἀποτέλεσμα τῆς ἐξελικτικῆς αὐξήσεως τῆς πολυπλοκότητας. Τέτοια ἐξελικτικὰ μορφογενετικὰ φαινόμενα ποὺ ἀναδύονται ἀπὸ διαφοροποίηση καὶ πολυπλοκότητα σὲ φυσικὰ καὶ κοινωνικὰ συστήματα, τὰ ὁποῖα λειτουργοῦν μακριὰ ἀπὸ θερμοδυναμικὴ ἰσορροπία, εἶναι θεαματικὰ ὅμοια μὲ τὰ φαινόμενα δημιουργίας νέων μορφῶν καὶ λειτουργικῶν δυνατοτήτων σὲ ἐξελισσόμενους βιολογικοὺς ὁργανισμούς. Ἰδιαίτερα, ἡ δημιουργία μορφῶν σὲ βιολογικοὺς ὁργανισμούς ἀπαιτεῖ τρομακτικὰ μεγάλες ποικιλίες συστατικῶν μορφῶν. Γενικότερα στὴν φύση, δισεκατομμύρια ἐπὶ δισεκατομμυρίων «στοιχειώδη κβαντικὰ φαινόμενα» λαμβάνουν μέρος σὲ μορφογενετικὲς πράξεις ἀπίστευτης πολυπλοκότητας. Ἡ μελέτη τῶν νόμων συνθέσεως καὶ συνδυασμοῦ (combinatorics) τῶν στοιχειωδῶν πράξεων, καὶ τῆς ἀναδύσεως μορφῶν ἀπὸ πολυπλοκότητα, θὰ ἀποτελέσει ἴσως τὸ πλουσιότερο ἐρευνητικὸ πρόγραμμα ποὺ ἀντιμετώπισε ποτὲ ἡ ἐπιστήμη. Οἱ ἐρευνητὲς τῆς Ἐπιστήμης τῆς Πληροφορίας, πιστοὶ στὴν παράδοση τῶν Leibniz, Kant, Mach, Gödel καὶ von Neumann, ὁραματίζομαστε ὅτι στὸ μέλλον θὰ κατανοήσουμε τὴν «Φυσικὴ ὡς Πληροφορία».

Αἰτιοκρατικοὶ κυτταρικοὶ κόσμοι

Στὴν συνέχεια θὰ ἀναφερθῶ σὲ μερικὰ παραδείγματα τὰ ὁποῖα δείχνουν τὴν δημιουργία μορφῶν, τὴν κίνηση, τοὺς μετασχηματισμούς, τὴν ἀλληλοεπίδραση καὶ

τὴν ἀναπαραγωγή μορφῶν σὲ περιορισμένους κυτταρικούς κόσμους, οἱ ὅποιοι κυβερνῶνται ἀπὸ πολὺ ἀπλοὺς αἰτιοκρατικούς νόμους (cellular automata). Ἕνας κυτταρικός κόσμος χαρακτηρίζεται ἀπὸ τέσσερα δεδομένα. Τὸ σύνολο τῶν «καταστάσεων» (στοιχειωδῶν μορφῶν) ποὺ μπορεῖ νὰ πάρει κάθε κύτταρο. Τὸν καθορισμὸ τῆς «γειτονιάς» κάθε κυττάρου (periodic lattice), δηλαδὴ τῶν γειτονικῶν κυττάρων ποὺ ἐπιδροῦν στὴν κατάστασή του. Τοὺς κανόνες ἀλλαγῆς καταστάσεως. Καὶ τὴν ἀρχικὴ κατάσταση τοῦ κόσμου. Φανταστεῖτε τὸν χωροχρόνο μας ὡς μία τετραδιάστατη παράταξη (4D periodic lattice) «κυτταρικῶν καταστάσεων», ὅπου τὸ κάθε κύτταρο ἔχει μία ἀπὸ τὶς λίγες καθορισμένες «καταστάσεις» —μορφές. Οἱ κανόνες ἀλλαγῆς καταστάσεως ἀπὸ τὴν μία χρονικὴ περίοδο στὴν ἄλλη ἀποτελοῦν τὶς «ἐξισώσεις πεδίου» στὸν χωροχρόνο αὐτοῦ τοῦ σύμπαντος. Αὐτοὶ οἱ κανόνες εἶναι «τοπικοὶ» μὲ τὴν ἔννοια ὅτι ἡ κατάσταση ἐκάστου κυττάρου προσδιορίζεται ἀπὸ τὶς καταστάσεις τῶν γειτόνων του καὶ τὴν δική του κατὰ τὴν προηγούμενη χρονικὴ περιόδο. Τέτοια μοντέλα, ὅσο ἀπλὰ καὶ ἂν φαίνονται, ἔχουν ἐκτεταμένη καὶ βαθύνοια θεωρία.

Παράδειγμα 1: Κίνηση μορφῆς σὲ 1D μὲ ταχύτητα $(1/9)c$.

Τὸ πρῶτο παράδειγμα [M. Minsky in 2,7] ἐπιδεικνύει τὴν κίνηση μίας μορφῆς σὲ ἓνα μονοδιάστατο κυτταρικό «κόσμο», στὸν ὁποῖο κάθε κύτταρο μπορεῖ νὰ βρίσκεται σὲ μία ἀπὸ τέσσερις δυνατὲς «καταστάσεις», ποὺ ἀντιστοιχοῦν στὰ σύμβολα: 1, P, *, and Q. Ἡ ἐξέλιξη τοῦ κόσμου αὐτοῦ κυβερνᾶται ἀπὸ ἕξη ἀπλοὺς νόμους ἀλλαγῆς καταστάσεως κάθε κυττάρου συναρτήσῃ τῆς καταστάσεως τῶν ἀμέσως γειτόνων του:

$1:1:P \rightarrow P$, $*:1:P \rightarrow *$, $*:P:P \rightarrow Q$, $Q:*: * \rightarrow P$, $Q:P:X \rightarrow Q$, $X:Q:X \rightarrow 1$.

Παρατηρεῖ κανεὶς τὸν «τοπικὸ» χαρακτήρα τῶν κανόνων τοῦ κόσμου, τὸν ὁποῖο περιγράφουμε, δηλαδὴ τῶν νόμων τῆς «φυσικῆς» αὐτοῦ τοῦ σύμπαντος ἀφοῦ οἱ ἐπιδράσεις τῶν κυττάρων περιορίζονται σὲ μία καθορισμένη «γειτονιά».

Ἡ ἀρχικὴ κατάσταση τῆς μορφῆς εἶναι *****1111P*****. Ἡ ἐξέλιξη τῆς μορφῆς περὶ ἀκολουθῶς:

t=0	*	*	*	1	1	1	1	P	*	*	*	*	*
1	*	*	*	1	1	1	P	P	*	*	*	*	*
2	*	*	*	1	1	P	P	P	*	*	*	*	*
3	*	*	*	1	P	P	P	P	*	*	*	*	*
4	*	*	*	*	P	P	P	P	*	*	*	*	*
5	*	*	*	*	Q	P	P	P	*	*	*	*	*

```

6 * * * * 1 Q P P * * * *
7 * * * * 1 1 Q P * * * *
8 * * * * 1 1 1 Q * * * *
9 * * * * 1 1 1 1 P * * * *

```

Ἡ κίνηση τῆς μορφῆς ἐπιτελεῖται σὲ 9 μονάδες χρόνου (σὲ 9 «γενεές»). Ἐφ' ὅσον ἡ μονάδα τοῦ χρόνου καθορίζει τὴν μεγίστη ταχύτητα, c , ἡ ταχύτητα τῆς κινήσεως αὐτῆς τῆς μορφῆς εἶναι $(1/9)c$.

Παραδείγματα 2α — 2ζ: Ἐξέλιξη μορφῶν σὲ δισδιάστατους χώρους

Τὰ ἐπόμενα παραδείγματα εἶναι δανεισμένα ἀπὸ τὰ κυτταρικά «παίγνια» τὰ ὁποῖα ἔχει μελετήσει σὲ ἔκταση ὁ John Horton Conway [7,8]. Σὲ χώρους δύο διαστάσεων μὲ ἀπεριόριστη ἔκταση (π.χ. μὲ κυλινδρική ἢ σφαιρική γεωμετρία), ὁ Conway ἐπέλεξε κανόνες οἱ ὁποῖοι νὰ δημιουργοῦν κάποια «βιολογική πραγματικότητα», ὅπως θὰ ἦταν οἱ ἀναμενόμενες ἐπιδράσεις τῆς «ἀπομονώσεως», τῆς «συνεργασίας», ἢ τοῦ «ὑπερπληθυσμοῦ» στὴν γειτονιά ἐκάστου κυττάρου.

Οἱ «ζωϊκοὶ» κόσμοι τοῦ Conway εἶναι αἰτιοκρατικοὶ καὶ γι' αὐτὸ διαφέρουν ἀπὸ τὸν δικό μας κόσμο. Βασίζονται σὲ ἀπόλυτα αἰτιοκρατικοὺς κανόνες τοῦ «παιγνίου», οἱ ὁποῖοι ἀπλουστεύουν τοὺς ὑπολογισμοὺς ἀλλαγῆς καταστάσεως. Οἱ συνθῆκες αὐτές, προϋποθέτουν ἕναν «πλήρως πληροφόρημένο Θεὸν» — ὑπόθεση ποὺ θὰ ἀποτελοῦσε ἀπόδειξη τῆς ὑπάρξεως τοῦ Θεοῦ, ὁ ὁποῖος, ὅμως, θὰ ἦταν σὲ σύγκρουση μὲ τοὺς νόμους τῆς φύσεως, θὰ περιοριζόταν ἀπὸ τὴν λογική, καὶ θὰ βρισκόταν σὲ ἀντίφαση μὲ τὸν ἑαυτό Του. Ἡ αἰτιοκρατικὴ συμπεριφορὰ ἐνὸς γενετικὰ ἀμετάβλητου συνόλου μεγάλου ἀριθμοῦ μορφῶν, μολονότι περιορισμένης ποικιλίας, παρέχει μεγάλη διδακτικὴ ἀξία, ἰδιαίτερα ὅσον ἀφορᾷ τὴν μελέτη τῆς μορφογενέσεως σὲ κυτταρικὰ σύμπαντα. Ἡ μοίρα τῶν μορφῶν στοὺς κόσμους τοῦ Conway δὲν εἶναι, κατὰ κανόνα, ὁρατὴ ἀπὸ τὶς ἀρχικὲς συνθῆκες. Ἀλλοῦ οἱ πληθυσμοὶ αὐξάνουν ἐπ' ἀόριστο, ἄλλοῦ ἐξαφανίζονται γρήγορα, καὶ ἄλλοῦ ἐναλλάσσουν μορφὲς καὶ ἀναπαράγονται. Οἱ δυνατότητες αὐτῶν τῶν κόσμων δύνανται νὰ ἐπεκταθοῦν μὲ ἀπρόβλεπτες συνέπειες μὲ τὴν εἰσαγωγὴ πιθανοτικῶν κανόνων.

Στὰ ἑξῆ παραδείγματα τοῦ Conway ποὺ ἀκολουθοῦν, τὰ κύτταρα δύνανται νὰ κατέχουν μία ἀπὸ τὶς δύο δυνατὲς καταστάσεις, «κενὸ» (στὶς εἰκόνες τὸ κύτταρο παριστάνεται λευκὸ) ἢ «κατεληγμένον» (στὶς εἰκόνες τὸ κύτταρο παριστάνεται νὰ περιέχει μία μαύρη κηλίδα). Οἱ ἅπλοι κανόνες τοῦ «παιγνίου» εἶναι οἱ ἑξῆς:

1. Κανόνας «ἐπιβιώσεως»: Μία κηλίδα ἐπιβιώνει στην ἐπόμενη γενεά (μονάδα χρονικῆς περιόδου) ἐὰν δύο ἢ τρία γειτονικά κύτταρα εἶναι ἐπίσης κατειλημμένα. Ἡ κηλίδα τότε παρεμένει στην θέση της.

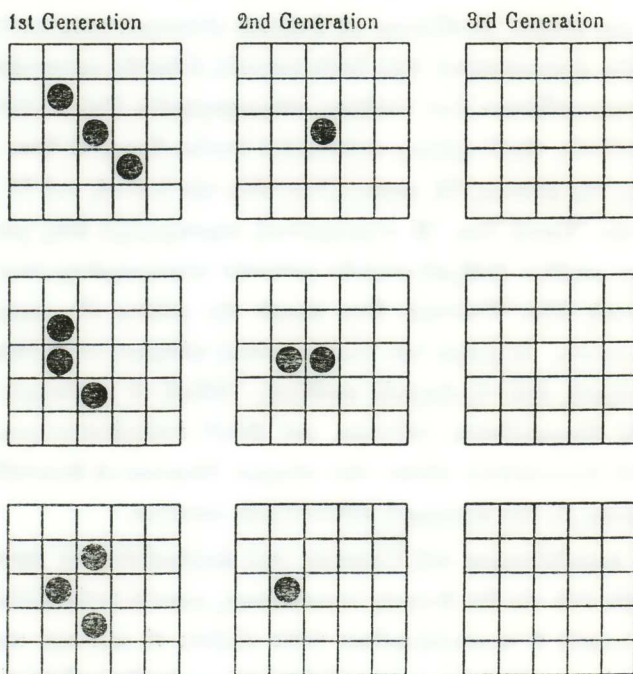
2. Κανόνας «θανάτου»: Μία κηλίδα ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ παίγνιο (ἐξαφανίζεται) ἐὰν περισσότερα ἀπὸ τρία ἢ λιγότερα ἀπὸ δύο γειτονικά κύτταρα εἶναι κατειλημμένα, δηλαδή ὅταν τὸ κύτταρο βρίσκεται σὲ ὑπερπληθυσμιακὴ «γειτονιά», ἢ ὅταν τὸ κύτταρο εἶναι ἀρκετὰ μεμονωμένο.

3. Κανόνας «γενέσεως»: Μία κηλίδα θὰ τοποθετηθεῖ σὲ κενὸ κύτταρο ἐὰν τρία, καὶ μόνα τρία, γειτονικά κύτταρα εἶναι ἤδη κατειλημμένα.

Τὰ παραδείγματα ποὺ ἀκολουθοῦν, δείχνουν διαφορὲς συμπεριφορὲς ποὺ ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὶς διαφορὲς ἀρχικὲς συνθῆκες, δηλαδή ἀπὸ τὴν ἀρχικὴ μορφή καὶ τὸ πλῆθος τῶν κυττάρων. Ὅλα λειτουργοῦν σύμφωνα μὲ τοὺς ἀπλοὺς κανόνες τοὺς ὁποίους ἀναφέραμε πρὶν πάνω.

(2α) Ἐξαφάνιση μορφῆς

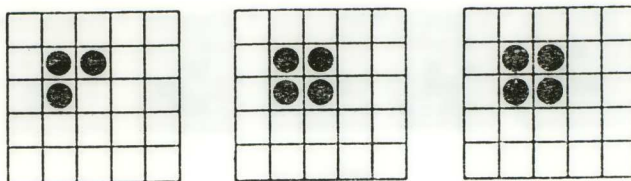
Ἡ εἰκόνα 5 δείχνει τὴν ἐξαφάνιση ἀπλῶν τριδύμων μορφῶν σὲ δύο γενεές.



Εἰκόνα 5.

(2β) Δημιουργία μόνιμης μορφής

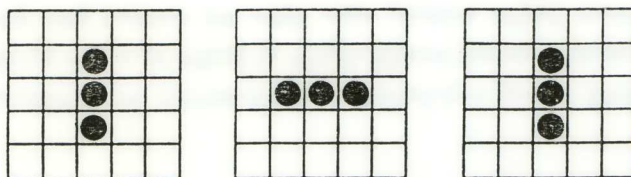
Ἡ εἰκόνα 6 δείχνει μία τρίδυμη μορφή ἡ ὁποία ὁδηγεῖται ἀμέσως σὲ μία σταθερή καὶ ἀναλλοίωτη μορφή.



Εἰκόνα 6.

(2γ) Δημιουργία ταλαντούμενων μορφῶν

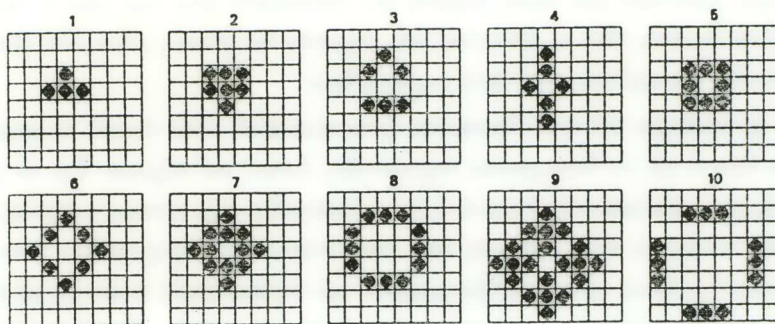
Ἡ εἰκόνα 7 δείχνει μία τρίδυμη μορφή ἡ ὁποία ἐκτελεῖ ταλαντώσεις μὲ περίοδο 2.



Εἰκόνα 7.

(2δ) Μετασχηματισμοὶ μορφῶν

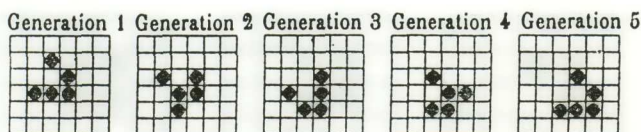
Στὴν εἰκόνα 8, ἓνα ἀρχικὸ τετράδυμο ἀλλάζει μορφὲς καὶ πληθυσμὸ μέσα σὲ 10 γενεές.



Εἰκόνα 8.

(2ε) Διαγώνια κίνηση

Μία μορφή πέντε κυττάρων κινείται διαγώνια με ταχύτητα $(1/4)$ c, όπως δείχνει η εικόνα 9.



Εικόνα 9.

(2ζ) Παραγωγή και εκτόξευση μορφών, και «μαυρές τρύπες».

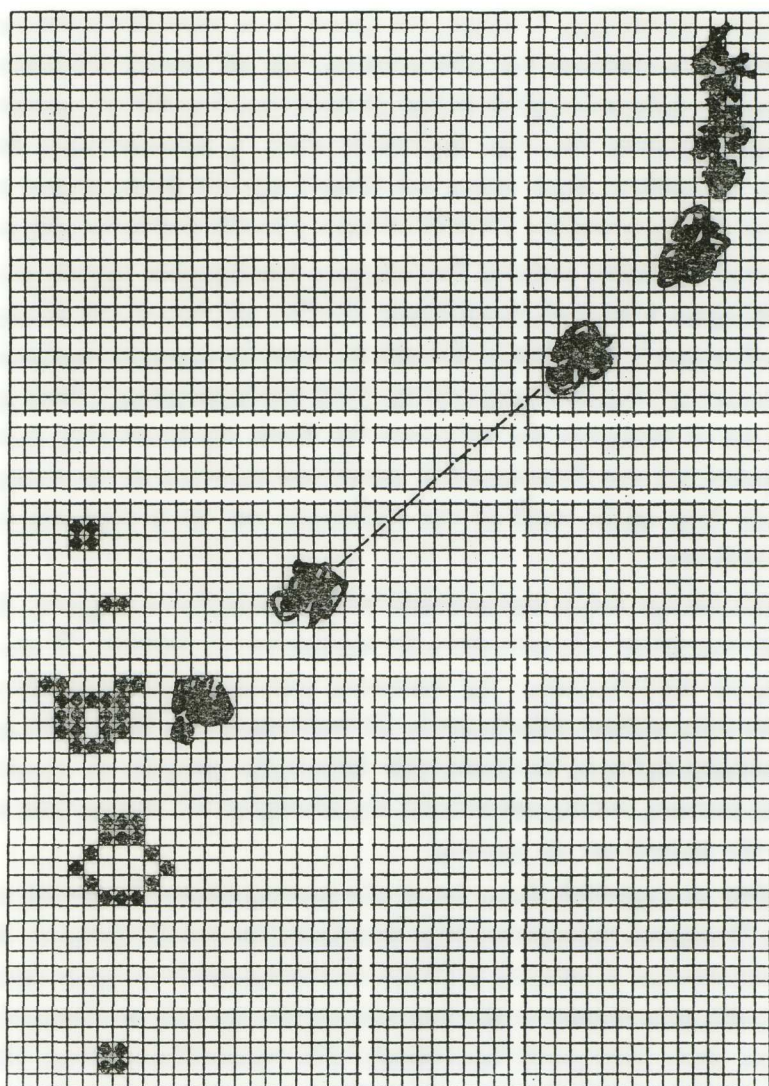
Η εικόνα 10 δείχνει ένα στάσιμο «πυροβόλο» με αναλλοίωτη μορφή, το οποίο παράγει και εκπέμπει «βλήματα» (gliders) σε κανονικούς μορφογενετικούς κύκλους 30 γενεών. Έκαστο βλήμα κινείται στον χώρο και συναντά έναν απορροφητήρα (μία «μαύρη τρύπα»), ο οποίος καταβροχθίζει το βλήμα σε κύκλο 15 γενεών χωρίς καμία αναντίστροφη αλλαγή στις μορφές ή την λειτουργία του σύμπαντος.

Παράδειγμα 3: Ίκανότητα για αναπαραγωγή:

Ο κυτταρικός κόσμος του von Neumann

Χρησιμοποιώντας παίγνια σε κυτταρικούς κόσμους, σάν αυτούς που είδαμε αλλά μεγαλύτερης πολυπλοκότητας, ο John von Neumann έπεχείρησε να δώσει απάντηση στα εξής δύο βασικά έρωτήματα: «Είναι δυνατό να κατασκευάσουμε μία μηχανή που θα είναι σε θέση να αναπαράγει τον εαυτό της;» και «Μπορεί μία μηχανή να παράγει αυτόνομα μία άλλη μηχανή πιο πολύπλοκη από την ίδια;» Έάν κάτι τέτοιο είναι δυνατό, τότε οι απόγονοι της μηχανής θα γίνουν, μέσα από μία εξελικτική πορεία, όλο και πιο πολύπλοκοι, χωρίς όρια!

Το προαίσθημα του von Neumann ήταν πως αυτό είναι δυνατό να γίνει, αλλά δεν είναι έφικτο με τις υπάρχουσες τεχνολογίες, ακόμη και σήμερα. Για να μελετήσει την λογική συνέπεια της δυνατότητας κατασκευής μίας τέτοιας μηχανής, ο von Neumann κατέφυγε στην ανάλυση των δυνατοτήτων των άφηρημένων κυτταρικών παιγνίων επιζητώντας να ανακαλύψει μορφές και συμπεριφορές ανάλογες με τις αναπαραγωγικές ικανότητες που συναντάμε σάν δικό μας κόσμο. Έλευθερωμένος από τις δυσκολίες της σχεδιάσεως και της φυσικής υλοποίησεως, ο von Neumann



Εικόνα 10.

μελέτησε αφηρημένους κυτταρικούς «κόσμους», (cellular automata) οί όποϊοι λειτουργοῦν σύμφωνα με άπλους κανόνες που εφαρμόζονται επαναληπτικά και αντιπροσωπεύουν κάποια άπλοποιημένη «φυσική». Με μαθηματική ανάλυση και με εξομύωση σε κομπιούτερ, ό έξωτικός αυτό-όργανούμενος κόσμος του von Neumann μπορεί να αναπτύσσεται σε άτελειωτες ποικιλίες διαφορετικών ειδών «ζωής» και εξέλιξης, ξεκινώντας κάθε φορά από κάποια επιλεγμένη άρχική μορφή. Σε ένα

συγκεκριμένο παράδειγμα, ο κόσμος «παίζεται» πάνω σε μεγάλο κυτταρικό χώρο, με 229 δυνατές καταστάσεις για κάθε κύτταρο, και με τοπικές αλληλοεπιδράσεις μόνο τεσσάρων ὀρθογωνίων γειτόνων, και με ἁπλούς κανόνες ἀλλαγῆς καταστάσεως. Εἶναι χαρακτηριστικό ὅτι, στήν περίπτωση αὐτή, ἡ πολυπλοκότητα ἀπετέλεσε ἀναγκαία προϋπόθεση, ἀφοῦ ἀκόμα καί αὐτός ὁ σχετικά ἅπλος κόσμος τοῦ von Neumann ἀπαίτησε περίπου 200.000 κύτταρα γιά κάθε ἀναπαραγόμενη μορφή.

Ὁ von Neumann ἀπέδειξε ὅτι ὑπάρχουν συγκεκριμένες ἀρχικὲς μορφές, οἱ ὁποῖες παρέχουν τυπικά μὴ προβλέψιμες ἐξελίξεις καί ὁδηγοῦν σέ ἀναπαραγωγὴ κατὰ ἓνα δυναμικὸ τρόπο. Διέκρινε ὅτι κάθε ἀναπαραγόμενη μορφή περιέχει στοιχεῖα μίας ἀφηρημένης πλήρους περιγραφῆς τῆς δικῆς τῆς ὀργανώσεως, ἡ ὁποία χρησιμοποιεῖται γιά νὰ παραχθοῦν νέα ἀντίγραφα τῆς. Κατὰ τὴν ἔννοια αὐτή, ἡ μηχανικὴ ἀναπαραγωγὴ τοῦ von Neumann ἔχει μεγαλύτερη συγγένεια μὲ τὴν ἀναπαραγωγὴ βιολογικῶν ὀργανισμῶν, παρὰ μὲ τὴν καλλιέργεια καί τὴν ἀντιγραφικὴ ἀνάπτυξη τῶν κρυστάλλων.

Κανείς δὲν ἔχει ἀκόμη κατασκευάσει αὐτο-ἀναπαραγόμενες μηχανές, ἀλλὰ καί κανείς δὲν ἀμφιάβλλει πῶς κάτι τέτοιο δὲν περιέχει λογικὴ ἀντίφαση. Ἡ μεγαλύτερη ἐπίδραση τῶν ἀποτελεσμάτων τῆς ἀναλύσεως τῶν ὑποθετικῶν μηχανῶν τοῦ von Neumann ἔγινε αἰσθητὴ στὴν βιολογία. Οἱ ὑπολογισμοὶ του ἔδειξαν ὅτι ὀρισμένες «μηχανιστικὲς» ιδιότητες τῶν βιολογικῶν ὀργανισμῶν μποροῦν νὰ προκύψουν, σὲ τελευταία ἀνάλυση, ἀπὸ τὶς μεθοδολογίες τῆς ἐπιστήμης τῆς πληροφορίας καί τοὺς κανόνες τῆς φυσικῆς καί τῆς χημείας.

Πρέπει νὰ σημειωθεῖ, ὅμως, ὅτι οἱ αὐτο-ἀναπαραγόμενοι ὑποθετικοὶ «κόσμοι» τοῦ von Neumann, τουλάχιστον στὴν πολυπλοκότητα ποὺ ἐξετάστηκαν, δὲν περιέχουν ἀναγνωρίσιμα τὰ στοιχεῖα τοῦ DNA καί τῶν πρωτεϊνῶν, οὔτε κὰν ἐπιδεικνύουν τὰ στοιχειώδη χαρακτηριστικὰ τῶν ἀτομικῶν καί τῶν μοριακῶν συνθέσεων τὶς ὁποῖες συναντᾶμε στοὺς βιολογικοὺς ὀργανισμοὺς. Δὲν παρουσιάζουν, ἐπίσης, οὔτε κατὰ προσέγγιση, τὶς χαρακτηριστικὲς πολύπλοκες δομὲς καί λειτουργίες τῶν ἀναπτυγμένων βιολογικῶν ὀργανισμῶν, ὅπως εἶναι οἱ ὀργανικὲς πρωτεΐνες, τὰ ἐνζυμα, οἱ νουκλεοτίδες, καί τὰ ἄλλα στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα κωδικοποιοῦν τὴν γενετικὴ πληροφορία στὰ βιολογικὰ χρωμοσώματα. Περιορίζονται στὸ νὰ δείξουν ὅτι ἡ δυνατότητα ἀναπαραγωγῆς σὲ κυτταρικοὺς κόσμους πρέπει νὰ ἀναζητηθεῖ, στὴν οὐσία τῆς, στὴν «ὀργάνωση» καί στὴν «πληροφορία», σὲ αὐτὸ ποὺ σήμερα ἀναγνωρίζουμε ὡς τὴν «ποιότητα πληροφορίας», καί ὅτι ἡ «ἀναπαραγωγὴ» εἶναι δυνατὴ μέσα στὰ ἐννοιολογικὰ καί λογικὰ πλαίσια τῆς φυσικῆς καί τῆς θεωρίας τῆς πληροφορίας.

5. ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Ἀπὸ τὴν ἐποχὴ τῶν σπηλαίων μέχρι τὶς ὀθόνης τῶν κομπιούτερ, εἴμαστε ὄντα κατ' ἐξοχὴ ἱκανὰ στὴν ἀφαίρεση, τὴν κωδικοποιημένη ἔκφραση καὶ τὸν συμβολισμό. Ἀποτελεῖ, ἔτσι, γιὰ ἐμᾶς πρόκληση τὸ νὰ φανταστοῦμε τὸν «χρόνο», τὸν «χῶρο», τὴν «ὕλη-ἐνέργεια», καὶ ὅλες τὶς πολυποίικιλες μορφές καὶ ιδιότητες τῆς φύσεως, ὡς αὐτο-παραγόμενες ιδιότητες, ἐξαρτήματα καὶ ὄργανα ἐνὸς τεράστιου σέ ἐκταση καὶ πολυπλοκότητα αὐτο-δημιουργούμενου (self-synthesized) καὶ αὐτο-ὀργανούμενου πληροφοριακοῦ συστήματος. Τὸ ἀρχέγονο πλαίσιο, στὸ ὁποῖο χορογραφεῖται ἡ δημιουργία καὶ ἡ ἐξέλιξη τοῦ ὑπερ-συνδεδεμένου σύμπαντος ποὺ παρατηροῦμε καὶ γνωρίζουμε, εἶναι ἡ δυναμικὴ γεωμετρία τοῦ χωροχρόνου ἡ ὁποία ἐκδηλώνεται στὶς δομικὲς καὶ λειτουργικὲς μορφές ὕλης καὶ πεδίων. Οἱ μορφές, ἐκδηλώσεις τῆς γεωμετρίας ἐνὸς κυτταρικοῦ κόσμου, ἀποτελοῦν τὴν «πληροφορία» τῆς Δημιουργίας, ἡ ὁποία τροφοδοτεῖ τὴν ὑποκειμενικὴ μας ἀντιληψὴ γιὰ τὴν ὑπαρξη. Στὴν τελευταία ἀνάλυση, ἡ Φυσικὴ εἶναι Πληροφορία.

Σᾶς εὐχαριστῶ γιὰ τὴν προσοχή σας.

BIBLIOΓΡΑΦΙΑ

1. W. H. Zurek (Ed), *Complexity, Entropy and the Physics of Information*, Series of Santa Fe Institute, Studies on the Sciences of Complexity, Adison-Wesley, 1990.
2. Ἄρθρα τῶν J. A. Wheeler, R. P. Feynman, M. Minsky, στὸ *Int'l Journal of Theoretical Physics*, vol. 21, Numbers 6/7, June 1982.
3. Π. Α. Λιγομενίδης, «Πληροφορικὴ: Ἐννοιες καὶ Τεχνολογία», *ΗΛΑ* (69), Τεύχος Β', 1994, 123.
4. Π. Α. Λιγομενίδης, «Περιπλανήσεις καὶ Ἀναζητήσεις μὲ τὸ Λυχνάρι τῆς Πληροφορίας», *ΗΛΑ* (69), Τεύχος Β', 1994, 385.
5. P. A. Ligomenides, «Induction and Uncertainty in Synergetic Computing Systems» in *Analysis and Management of Uncertainty*, B. M. Ayyub, M. M. Gupta, L. N. Kanal (Eds), Elsevier Science, 1989.
6. V. Weisskopf, *La Revolution de Quanta*, Hachette, 1989.
7. S. Wolfram, *Theory and Applications of Cellular Automata*, World Scientific, 1986.
8. J. H. Conway, in *Winning Ways*, vol. 2, Chapter 25, E. Berkelamp, J. H. Conway and R. Guy (Eds), Academic Press, 1982.
9. J. G. Taylor and J. A. Wheeler, *Relativity: Space-Time Physics*, Freeman, 1963.