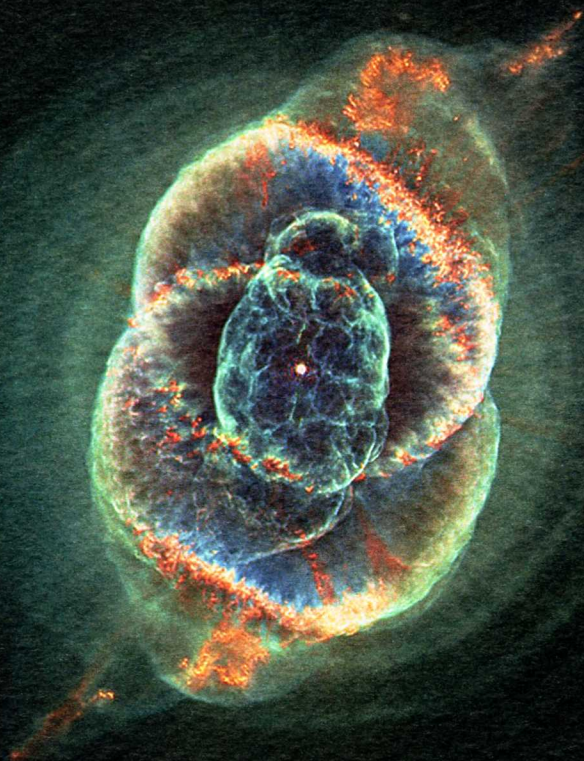


MONICA COLPI

ΜΑΥΡΕΣ ΤΡΥΠΕΣ
ΠΟΥ ΕΞΑΧΝΩΝΟΝΤΑΙ



ΤΟ ΧΑΜΕΝΟ ΣΤΟΙΧΗΜΑ
ΤΟΥ STEPHEN HAWKING

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ: ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΤΣΙΑΜΟΥΡΑΣ

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΑΓΡΑ

Τίτλος πρωτοτύπου : BUCHI NERI EVANESCENTI –
STEPHEN HAWKING E LA SOMMESSA PERDUTA

ISBN 978 - 960 - 325 - 767 - 7

© 2005 nottetempo srl

για την ελληνική έκδοση

© 2008, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΑΓΡΑ Α.Ε.
Ζωοδόχου Πηγής 99, 114 73 Ἀθήνα
Τηλ. 210.7011.461 – FAX 210.7018.649
<http://www.agra.gr>, e-mail: info@agra.gr

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

Πρόλογος για την ελληνική έκδοση	9
MARGHERITA HACK : Εισαγωγικό σημείωμα	15

1. Δευτέρα 18 Ἰουλίου 2004 : ὁ Τύπος τρέχει στο Δουβλίνο	23
2. Στῆβεν Χώκινγκ	27
3. Βαρύτητα, γεωμετρία καὶ χωροχρόνος : τὰ διδάγματα τοῦ Νεύτωνα καὶ τοῦ Ἀϊνστάιν	33
4. Τὸ παιχνίδι τῆς μνήμης	39
5. Μαῦρες τρύπες μεταξὺ συμμετρίας καὶ πραγματικότητας	42
6. Μαῦρες τρύπες ποὺ ἐξαχνώνονται καὶ ὁ ταραγμένος χῶρος τοῦ Χώκινγκ	49
7. Τὸ παράδοξο τῆς χαμένης πληροφορίας	54
8. Μυστηριώδης ἐντροπία	59
9. Κυμαινόμενος χωροχρόνος καὶ κβαντική βαρύτητα	64
10. Τὸ στοίχημα	69
11. Στὸ Δουβλίνο, ἀπὸ τοῦ βήματος	70
12. Ἡ ἡλὼ τῆς κοσμικῆς αὐγῆς	78
13. Τὸ ἐλάχιστο ἀλφάβητο	81

Σημείωση τῆς συγγραφέως	87
-------------------------	----

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Ὁ γαλαξίας τοῦ Κενταύρου Α	20
Τὸ νεφέλωμα Μάτι τῆς Γάτας	85

Πρόλογος για την ελληνική έκδοση

Ἡ Ginevra Bompiani, τῶν ἐκδόσεων nottetempo, μὲ κάλεσε ἓνα πρωινὸ στὰ τέλη Ἰουλίου, γιατί τῆς εἶχε κινήσει τὴν περιέργεια μία εἵδηση μὲ διεθνή ἀντίκτυπο.

Ὁ Stephen Hawking εἶχε προβλέψει, κατὰ τὴ δεκαετία τοῦ 1970, τὴν ἐξάχνωση τῶν μαύρων ὀπῶν καὶ μαζί τους τὴν ἐξαφάνιση τῆς μνήμης τους, τῶν πληροφοριῶν πὺν περιέχουν· αὐτὴ ἡ ἀπώλεια μεταφραζόταν στὴν ἀδυναμία νὰ ἐπιστραφεῖ στὸ σύμπαν, μὲ τὸ φῶς τῆς ἐξάχνωσης, ἡ ἱστορία σχηματισμοῦ τῆς μαύρης τρύπας. Ἡ τελευταία εἰκασία, στὴν περίπτωσι πὺν θὰ ἦταν ὀρθή, θὰ εἶχε βαθιὲς ἐπιπτώσεις ὄχι μόνο για τὴ θεμελιώδη φυσική, ἀλλὰ καὶ γενικότερα για τὴν ἐπιστημονικὴ σκέψη· θὰ ἔθετε ὑπὸ ἀμφισβήτηση μερικὲς βασικὲς ἀρχὲς τῆς ἐνοποίησης τοῦ μικρόκοσμου καὶ τοῦ μακρόκοσμου, κατὰ τὲς πρῶτες στιγμὲς τῆς δημιουργίας τοῦ σύμπαντος. Ἐξοῦ καὶ ἡ γέννησι τοῦ παραδόξου τῆς χαμένης πληροφορίας, τὸ ὁποῖο παρέμενε ἄλυτο για πολλὰ χρόνια καὶ τὴν ἱστορία τοῦ ὁποῖου διηγούμαι στὸ ἀνὰ χείρας σύντομο δοκίμιο.

Ἐκεῖνες λοιπὸν τὲς ἡμέρες (ἦταν ἡ 18ῃ Ἰουλίου 2004), μὲ τὴν εὐκαιρία τῆς 17ῃς Διεθνoῦς Συνάντησις για τὴ Γενικὴ Σχετικὴτητα καὶ τὴ Βαρύτητα, ὁ Χώκινγκ εἶχε ἀναγγεῖλει ὅτι ἐντόπισε καὶ ἐπέλυσε ὁρισμέ-

νες ανακολουθίες οι οποίες υπήρχαν στην υπόθεσή του. Είχε ανακαλύψει ότι οι μαύρες τρύπες χαρακτηρίζονται από έναν κυμαινόμενο ορίζοντα από τον οποίο αναδύεται ένα φως πλούσιο σε μνήμη. Συνεπώς είχε χάσει το στοίχημα πού, παρέα με τον *Kip Thorn*, είχε βάλει, το 1997, έναντίον του *John Preskill*.

Παρατήρησα ότι δύο γεγονότα είχαν εντυπωσιάσει την Τζινέβρα Μπομπιάνι. Καταρχάς η δημόσια πράξη πνευματικής ειλικρίνειας του μεγάλου φυσικομαθηματικού: ο Στήβεν Χώκινγκ έθεσε υπό αμφισβήτηση μια δική του εικασία διαφεύδοντας την έγκυρότητά της. Έπίσης, όντας και η ίδια μία ευαίσθητη συγγραφέας, είχε φανταστεί ποιές οδυνηρές και συνταρακτικές επιπτώσεις, τόσο στην ταυτότητά μας όσο και στη μετάδοση και στον εμπλουτισμό των γνώσεών μας, θα είχε μια θεωρία ένοποίησης της βαρύτητας και της κβαντικής φυσικής, ή οποία θα ήταν θεμελιωμένη στην απώλεια της μνήμης, νοούμενη ως αδυνατότητα ανασύνθεσης του παρελθόντος διαμέσου συμβάντων πού συνδέονται αιτιωδώς μεταξύ τους.

Μου ζήτησε να γράψω αυτό το μικρό δοκίμιο, προκειμένου να περιγράψω το παράδοξο και την επίλυσή του, θαρρείς και ήθελε να καταγράψει και να εδραιώσει αυτό το γεγονός, ώστε να μη λησμονηθεί. Γνώριζα ότι έπρόκειτο για δύσκολο έγχείρημα, αλλά δεν δίστασα να δώσω τη συγκατάθεσή μου. Η γέφυρα πού συνδέει τον κόσμο της επιστήμης με τον κόσμο της τέχνης είναι άσταθής, γιατί η επιστήμη και ειδικότερα η φυσική χρησιμοποιούν μια πολύπλοκη και όχι εύληπτη γλώσσα. Η

επιστήμη συνιστά έκφραση, μεταξύ των πιο ύψηλων, της ανθρώπινης σκέψης. Έμπεριέχει στοιχειά έκπληκτικής όμορφιάς, ή οποία δεν διαφέρει και πολύ από εκείνη ενός πίνακα ή μιας μουσικής άρμονίας. Αυτά τα στοιχειά, με έντονο αισθητικό περιεχόμενο, συχνά εκφράζονται μέσα από την αναζήτηση συμμετριών χάρη στις οποίες μπορούμε να περιγράψουμε μερικές βαθύτερες και μυστηριώδεις πτυχές της πραγματικότητας, οι οποίες ανήκουν τόσο στον μικρόκοσμο όσο και στον μακρόκοσμο. Το παράδοξο της χαμένης πληροφορίας αντιπροσωπεύει την εκδήλωση μιας ιδιαίτερης συμμετρίας ή οποία εμπλέκει το σημείο του χρόνου. Έγραφα αυτό το δοκίμιο με την επιθυμία να εκφράσω τη συνεχή έκπληξη πού νιώθω μπροστά στην αισθητική όμορφη της λογικής-επιστημονικής σκέψης της οποίας οι μαύρες τρύπες πού εξαχνώνονται αποτελούν ένα μοναδικό παράδειγμα.

Τα βήματα για να φτάσουμε στην έννοια της εξέλιξης μιας μαύρης τρύπας στάθηκαν αβέβαια όσο αβέβαια είναι σήμερα τα βήματα πού θα μας οδηγήσουν σε ένα πάντρεμα μεταξύ βαρύτητας και κβαντικής φυσικής, ένα πάντρεμα πολύ δύσκολο να το συλλάβουμε. Το 1971, κατά την επίσκεψή του στη Μόσχα, στην καρδιά του Ψυχρού Πολέμου, ο Κίπ Θόρν δέχτηκε ένα τηλεφώνημα από τον μεγάλο φυσικό Γιάκοβ Ζέλντοβιτς. Του ζήτησε να πάει να τον συναντήσει στο Ίνστιτούτο Φυσικών Προβλημάτων της Σοβιετικής Ακαδημίας των Επιστημών στον λόφο Λένιν κωρίς το πρωί, για να συζητήσουν κάτι πού είχε σκεφτεί σχετικά με τις μαύρες τρύπες: «Μια περιστρεφόμενη μαύρη τρύπα

πρέπει να εκπέμπει φως». Ἀλλὰ πῶς εἶναι δυνατόν να συλλάβουμε μιὰ φωτεινὴ μαύρη τρύπα, ὅταν προηγουμένως τὴν ὀρίσαμε ὡς σκοτεινὸ ἀστέρι, ὁροθετημένη ἀπὸ μιὰ ἐπιφάνεια ἄνευ ἐπιστροφῆς (τὴν ὁποία ὀνομάσαμε ὀρίζοντα γεγονότων), ἀπὸ τὴν ὁποία κανένα σῆμα δὲν μπορεῖ να ἀναδυθεῖ καὶ να διαφύγει στὸ ἄπειρο; Ὁ Ζέλντοβιτς θεωροῦσε ὅτι οἱ κβαντικές διακυμάνσεις τοῦ κενοῦ στὸν ὀρίζοντα γεγονότων ἦταν ἱκανὲς να μετατραποῦν σὲ φῶς. Ὁ Θόρν αὐτὴ τὴν ιδέα τὴν ἐβρίσκει παράλογη καὶ ἔτσι ἐν μέρει ἐγκαταλείφθηκε. Μόνο στὴ συνέχεια ξανάρθε στὸ προσκήνιο μὲ τὴ σχολὴ *Les Houches*, στὶς γαλλικὲς Ἀλπεῖς, τὸ καλοκαίρι τοῦ 1972. Μὲ τὴν εὐκαιρία ἐκείνη συναντήθηκαν ὑπὸ τὴν καθοδήγηση τοῦ Θόρν ὀρισμένοι νέοι ἐρευνητές, οἱ ὁποῖοι στὶς ἐπόμενες δεκαετίες θὰ συγκαταλέγονταν μεταξὺ τῶν πιὸ ἐγκριτῶν μελετητῶν τῆς θεωρίας τῆς σχετικότητας παγκοσμίως. Σὲ ἐκεῖνο τὸ γόνιμο καὶ ἡρεμο κλίμα ὁ Χώκινγκ, σὲ συνεργασία μὲ τὸν *James M. Bardeen* καὶ τὸν *Brandon Carter*, ἀνέπτυξε κάποιες ιδέες σχετικὰ μὲ τὴ δυναμικὴ τῶν μαύρων ὀπῶν. Οἱ ιδέες αὐτὲς θὰ μετέβαλλαν ἐκ θεμελίων τὸν τρόπο μὲ τὸν ὁποῖο περιγράφουμε τὴ βαρύτητα. Τὸ πιὸ καινοτόμο στοιχεῖο ἦταν ἡ ἀνακάλυψη μιᾶς ἀπρόσμενης ἀντιστοιχίας μεταξὺ θερμοδυναμικῆς καὶ ἑλξης, ἡ ὁποία μᾶς ὁδήγησε να ἀποδώσουμε στὶς μαῦρες τρύπες μία ἐντροπία (ἡ ὁποία γιὰ πρώτη φορὰ ὑπολογίστηκε ἀπὸ τὸν *Jakob David Bekenstein*) καὶ μία θερμοκρασία. Νά, λοιπόν, πὺν τελικῶς οἱ μαῦρες τρύπες δὲν ἦταν πιά μαῦρες, ἀλλὰ πυρακτωμένες! Ἡ ιδέα, σὲ ἐμβρυϊκὴ ἀκόμη μορφή, τοῦ Ζέλντοβιτς εἶχε

μιὰ συνεπὴ διατύπωση. Ἦταν τὸ πρῶτο συγκεκριμένο βῆμα γιὰ τὴν πραγματοποίηση τῆς ἐνοποίησης τοῦ μακρόκοσμου μὲ τὸν μικρόκοσμο, τῆς βαρύτητας καὶ τῆς κβαντικῆς φυσικῆς.

Χάρη στὴν ἐπιστημονικὴ δραστηριότητά μου μπόρεσα να γνωρίσω πολλὲς ἀπὸ τὶς προσωπικότητες πὺν ἔδωσαν ζωὴ σὲ αὐτὴ τὴν περιπέτεια, δασκάλους τῶν δασκάλων μου. Ἀπὸ αὐτοὺς ἔμαθα ὅτι κάθε φορὰ πὺν ἐπιχειροῦμε να διατυπώσουμε καὶ να ἐπιλύσουμε ἓνα πρόβλημα θὰ πρέπει πρῶτα να σχεδιάζουμε στὸ μυαλό μας μιὰ εἰκόνα, τὴν ὁποία θὰ τολμοῦσα να ὀνομάσω ὀπτική, ἀπὸ τὴν ὁποία να ἐκκινήσουμε γιὰ να ἀκολουθήσουμε στὴ συνέχεια τὸ μονοπάτι τῆς μαθηματικῆς αὐστηρότητας καὶ τῆς κριτικῆς συζήτησης. Ἐνας ἀφορισμὸς τοῦ *Wolfgang Pauli* ἐκφράζει μὲ παραστατικὸ τρόπο ὅ,τι αἰσθάνομαι: « Ἡ γέφυρα πὺν συνδέει τὰ δεδομένα τῆς ἐμπειρίας μὲ τὶς ιδέες συνίσταται στὴν ἐδραίωση ὀρισμένων ἀρχέγονων εἰκόνων, οἱ ὁποῖες προϋπάρχουν στὴν ψυχὴ – τὰ ἀρχέτυπα τοῦ *Kepler*. Αὐτὲς οἱ ἀρχέγονες εἰκόνες δὲν ἐδρεύουν στὴ συνείδησή μας συνδεδεμένες μὲ κάποιες εἰδικὲς ιδέες τὶς ὁποῖες μποροῦμε να διατυπώσουμε μὲ ὀρθολογικοὺς ὅρους. Πρόκειται γιὰ μορφὲς οἱ ὁποῖες ἀνήκουν στὸ ἀσυνείδητο τμῆμα τῆς ψυχῆς, ὀπτικὲς εἰκόνες μὲ ἔντονο συγκινησιακὸ περιεχόμενο... Ἡ χαρὰ πὺν βιώνουμε, ὅταν συνειδητοποιοῦμε ὅτι δημιουργοῦμε νέα γνώση, γεννιέται τὴ στιγμή πὺν κάνουμε να συμφωνήσουν αὐτὲς οἱ προϋπάρχουσες εἰκόνες μὲ τὴ συμπεριφορὰ τῶν ἐξωτερικῶν ἀντικειμένων ». Πόσο μεγάλη θὰ πρέπει να ἦταν

ἡ χαρὰ πὺν συνόδευε τὸν Χώκινγκ στὶς ὑψηλότερες στιγμὲς τῆς ἔρευνάς του γιὰ τὶς μαῦρες τρύπες!

Θὰ ἤθελα νὰ κλείσω αὐτὴ τὴν εἰσαγωγὴ μὲ ἓνα ἀπόσπασμα τοῦ Karl Popper, μὲ τὴν ἐλπίδα ὅτι ἡ ἐπιστήμη θὰ ἀποκτήσει περισσότερο χῶρο στὸν κόσμον τοῦ πολιτισμοῦ καὶ τῆς τέχνης: « Ἡ ἐπιστήμη εἶναι μιὰ περιπέτεια τοῦ ἀνθρώπινου πνεύματος. Ἀλλὰ ἴσως καὶ ἡ πιὸ ἀνθρώπινη ἀπὸ τὶς δημιουργικὲς τέχνες: ...γεμάτη μυωπίες, ἀποκαλύπτει ἐκεῖνες τὶς ξαφνικὲς ἐκλάμψεις οἱ ὁποῖες ξεκλειδώνουν τὰ μάτια, ὥστε νὰ ἀντικρίσονται τὰ θαυμαστὰ πράγματα τοῦ κόσμου καὶ τοῦ ἀνθρώπινου πνεύματος ».

Σεπτέμβριος 2007

MONICA COLPI

MARGHERITA HACK : Εἰσαγωγικὸ σημεῖωμα

ΣΕ Αὐτὸ τὸ κεῖμενο ἡ Monica Colpi ἀποπειρᾶται νὰ ἐξηγήσει μὲ κατανοητοὺς ὅρους, στοὺς μὴ εἰδικούς, ἓνα ἀπὸ τὰ πολυπλοκότερα προβλήματα τῆς φυσικῆς: Μὲ ποιὸ τρόπο ἀπὸ τὴ φυσικὴ τῶν μαύρων ὀπῶν εἶναι ἐφικτὸ νὰ διαβλέψουμε τὴ λύση τῆς ἐνοποίησης τῶν δύο θεμελιωδῶν θεωριῶν τοῦ 20οῦ αἰῶνα, τῆς γενικῆς σχετικότητας καὶ τῆς κβαντικῆς φυσικῆς.

Πρόκειται γιὰ ἓνα εὐληπτο καὶ τεμπλὸ ἔργο, τὸ ὁποῖο μᾶς βοηθᾷ νὰ καταλάβουμε τόσο τὴν περιπλοκότητα ὅσο καὶ τὴν ὁμορφιὰ τοῦ προβλήματος.

Μποροῦμε νὰ φανταστοῦμε μιὰ μαύρη τρύπα σὰν μιὰ περιοχὴ τοῦ χώρου ὅπου εἶναι συγκεντρωμένη τόση ὕλη ὥστε ἡ ταχύτητα διαφυγῆς θὰ ὑπερέβαινε τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός καὶ κατὰ συνέπεια οὔτε τὸ φῶς μπορεῖ νὰ δραπετεύσει ἀπὸ αὐτήν. Ἐπειδὴ ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ μάζα καὶ μικρότερη ἡ ἀκτίνα τόσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ταχύτητα διαφυγῆς ἀπὸ ἓνα σῶμα, στὴν περίπτωση πὺν ἡ ταχύτητα διαφυγῆς εἶναι ἴση μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός μποροῦμε νὰ ὑπολογίσουμε εὐκόλα τὴν ἀκτίνα μιᾶς μαύρης τρύπας, ὅποια καὶ ἂν εἶναι ἡ τιμὴ τῆς μάζας, καὶ ἄρα βρίσκουμε ὅτι ἡ πυκνότητα τῆς μαύρης τρύπας δὲν εἶναι πάντοτε ὑπερβολικὰ ὑψηλή,

ἀλλὰ μειώνεται μὲ τὴν αὐξηση τῆς μάζας. Γιὰ παράδειγμα, γιὰ μία μάζα διπλάσια τῆς μάζας τοῦ ἡλίου ἡ ἀκτίνα εἶναι ἕξι χιλιόμετρα καὶ ἡ πυκνότητα περίπου πέντε ἑκατομμύρια δισεκατομμυρίων φορὲς μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν πυκνότητα τοῦ νεροῦ, ἐνῶ γιὰ μία μάζα ἕνα δισεκατομμύριο φορὲς μεγαλύτερη τῆς ἡλιακῆς μάζας, ἡ ἀκτίνα εἶναι περίπου τρία δισεκατομμύρια χιλιόμετρα καὶ ἡ πυκνότητα ἴση μὲ δύο ἑκατοστὰ τῆς πυκνότητας τοῦ νεροῦ.

Ὑπάρχουν σοβαρὲς παρατηρησιακὲς ἐνδείξεις ὅτι ὁρισμένα διπλὰ ἀστρικά συστήματα σχηματίζονται ἀπὸ ἕνα κανονικὸ ἄστρο καὶ ἀπὸ μία μαύρη τρύπα, ἀπόρροια μιᾶς τεράστιας κατάρρευσης τῆς ὕλης ἑνὸς ἄστρου τὸ ὁποῖο ἐξεργάγη μὲ τὴ μορφή ἑνὸς ὑπερκαινοφανοῦς (supernova). Διαθέτουμε ἐπίσης ἀκόμη πιὸ ἰσχυρὲς ἐνδείξεις ὅτι στὸ κέντρο ὁρισμένων γαλαξιών, συμπεριλαμβανομένου τοῦ δικοῦ μας Γαλαξία, ὑπάρχει μία μαύρη τρύπα μὲ μάζα ἴση μὲ ἑκατομμύρια ἢ ἀκόμη καὶ δισεκατομμύρια ἡλιακὲς μάζες.

Τὸ ζήτημα πὸν πραγματεύεται ἐδῶ ἡ συγγραφέας σχετίζεται μὲ τὸ ἐὰν ἡ μαύρη τρύπα διατηρεῖ μνήμη, δηλαδὴ πληροφορίες, τοῦ τρόπου μὲ τὸν ὁποῖο σχηματίστηκε· ἂν παγίδευσε ἀστέρια, νέφη ἢ γαλαξίες. Ἐκεῖνο πὸν εἶναι βέβαιο, γράφει ἡ Μόνικα Κόλπι, « εἶναι πὼς ἐντὸς τοῦ ὁρίζοντα γεγονότων μιᾶς μαύρης τρύπας λαμβάνουν χώρα ἀκραῖες συνθήκες καὶ καταστάσεις, ὅπου βαρύτητα καὶ σωματίδια ἀκολουθοῦν φυσικοὺς νόμους τοὺς ὁποίους προσώρας ἀγνοοῦμε ». Ὁ Στήβεν Χώκινγκ, ὁ μεγάλος θεωρητικὸς φυσικός, ὁ ὁποῖος σὲ

ολόκληρη τὴ ζωὴ του στιγμὴ δὲν ἔπαψε νὰ μελετᾷ αὐτὰ τὰ μυστηριώδη ἀντικείμενα, θεωροῦσε ὅτι τὸ φῶς πὸν ἐκπέμπεται κοντὰ στὸν ὁρίζοντα γεγονότων (δηλαδὴ στὴν ἐπιφάνεια πὸν χωρίζει τὸ ὁρατὸ σύμπαν, τὸ « ἐξωτερικὸ », ἀπὸ ἐκεῖνο πὸν βρίσκεται κλεισμένο ἐντὸς τῆς μαύρης τρύπας, τὸ « ἐσωτερικὸ ») δὲν περιέχει κάποιο χαρακτηριστικὸ ἱκανὸ νὰ μᾶς ἀποκαλύψει στοιχεῖα πὸν ἀφοροῦν ὅ,τι βρίσκεται ἐντὸς τοῦ ὁρίζοντα γεγονότων. Ἐντούτοις τὸν Ἰούλιο τοῦ 2004 ὁ Χώκινγκ ἀνακοινώνει ὅτι ἔκανε λάθος. Ἡ πληροφορία πὸν περιέχει μία μαύρη τρύπα δὲν χάνεται γιὰ πάντα. Σύμφωνα μὲ τὸ συμπέρασμα στὸ ὁποῖο ὁδηγήθηκε, ἐκθέτοντας τὰ ἀποτελέσματα τῶν ὑπολογισμῶν του, ἡ μάζα-ἐνέργεια πὸν εἰσέρχεται σὲ μία μαύρη τρύπα θὰ ἐπιστρέψει στὸ ὁρατὸ σύμπαν, « ἂν καὶ σὲ πολύπλοκη μορφή καὶ θὰ περιέχει τὴν πληροφορία » πὸν ἀφορᾷ τὴν ὕλη ἢ ὁποῖα ἔπεσε μέσα σὲ αὐτήν. Ὡς ἐὰν ὁ ὁρίζοντας γεγονότων μιᾶς μαύρης τρύπας νὰ ἦταν « ἕνα κυμαινόμενο ψηφιδωτὸ παρόμοιο μὲ ἱστὸ ἀπὸ τὸ διάτρητο πλέγμα τοῦ ὁποῖου διαρρέουν κβάντα φωτός. Φαίνεται ἔτσι ὅτι ἡ μαύρη τρύπα στὴν ἐπιφάνειά της ἔχει διαφανῆ σημεῖα τὰ ὁποῖα ἐπιτρέπουν νὰ διαφεύγει ἡ περιεχόμενη πληροφορία...»

Στὴν κατακλείδα τῆς παρέμβασής του ὁ Στήβεν Χώκινγκ θυμᾶται ὅτι τὸ 1997 ὁ ἴδιος καὶ ὁ Κιπ Θόρν εἶχαν στοιχηματίσει ἐναντίον τοῦ Τζὼν Πρέσκιλλ ὅτι ἡ πληροφορία πὸν εἰσέρχεται σὲ μία μαύρη τρύπα καταστρέφεται γιὰ πάντα. Ὁ Χώκινγκ ὁμως ἔχασε τὸ στοίχημα, καὶ μάλιστα λόγω ἐργασιῶν πὸν ὁ ἴδιος

πραγματοποίησε. Ἀπὸ τὴν ἄλλη, αὐτὸ σημαίνει ὅτι ὁ ἴδιος μπόρεσε νὰ λύσει τὸ παράδοξο τῆς χαμένης πληροφορίας.*

Ἰούνιος 2005

MARGHERITA HACK

Μαῦρες τρύπες πὺ ἐξαχνώνονται

* Συχνὰ ἀναφέρεται καὶ ὡς «πληροφοριακὸ παράδοξο τῆς μαύρης τρύπας». (Σ.τ.μ.)



Ὁ γαλαξίας τοῦ Κενταύρου Α, ὅπως φαίνεται μὲ ἀκτίνες Χ. Μία δίνη ἀερίου, καθὼς πέφτει σὲ μία μαύρη τρύπα, δημιουργεῖ τὸν κεντρικὸ λαμπερὸ πυρήνα· ἄλλα σωματίδια βρίσκουν δρόμο διαφυγῆς προκαλώντας τὸν φωτεινὸ πίδακα.

Ἐνοῶ τὴν ἐσωτερικὴ ὁμορφιὰ πὺν ἔρχεται μὲ τὴν ἀρμονικὴ
τάξη τῶν μερῶν καὶ τὴν ὁποία μιὰ καθαρὴ εὐφυνία μπορεῖ νὰ
συλλάβει... (οἱ ἐπιστήμονες) ζητᾶμε κατὰ προτίμηση ἀπλὰ
δεδομένα καὶ ἀπέραντα δεδομένα· ἔτσι αἰσθανόμαστε
εὐχαρίστηση, πότε ἀκολουθώντας τὶς γιγαντιαῖες
τροχιὰς τῶν ἀστεριῶν, πότε ἀναλύνοντας μὲ τὸ
μικροσκόπιο αὐτὸν τὸν θαυμάσιο μικρόκοσμο,
πὺν εἶναι ἐπίσης μιὰ ἀπεραντοσύνη...

JULES-HENRI POINCARÉ

1. Δευτέρα 18 'Ιουλίου 2004 :

ό Τύπος τρέχει στο Δουβλίνο

ΕΚΕΙΝΗ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ σήκωσε την αύλαία της στο Δουβλίνο ή 17η Διεθνής Συνάντηση για τη Γενική Σχετικότητα και τη Βαρύτητα. Συγκέντρωνε αστρονόμους, φυσικούς, μαθηματικούς και μελετητές της σχετικότητας σε μια τελετή ή όποια έπαναλαμβάνεται και ανανεώνεται κάθε τρία χρόνια. Μόλις λίγες ήμέρες νωρίτερα ό Στΐβεν Χώκινγκ είχε ζητήσει να παρέμβει : ήθελε να γνωστοποιήσει την επίλυση τοΰ παραδόξου της χαμένης πληροφορίας.

Άργά το άπόγευμα μίλησα με τον Andrea Possenti : ό όποΐος έφτασε στο Δουβλίνο άπευθείας άπό την Αΰστραλία· μόλις είχε ολοκληρώσει μια περίοδο άστρονομικΰν παρατηρήσεων στο ραδιοτηλεσκόπιο τοΰ Πάρκς. "Όταν τελείωσε ή πρώτη ήμέρα τΰν έργασιΰν, βγήκε για έναν περίπατο στους κήπους τοΰ Τρίνιτυ Κόλλετζ παρέα με τον Alberto Vecchio, τον Lars Bildsten και τον Luigi Stella. 'Η δική του άνακοίνωση ήταν προγραμματισμένη για την έπόμενη ήμέρα, κατά την έπιστημονική συνεδρία τοΰ όργάνωνε ό Λουίτζι. Στη διάρκεια τΰν προηγούμενων μηνΰν, ό Άντρέα, με την όμάδα του, είχε άνακαλύψει μία πηγή μοναδική για τις ιδιότητές της : το δυαδικό

ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Οί ύποσημειώσεις με κανονική άρίθμηση είναι της συγγραφέως.

Οί ύποσημειώσεις με άστερίσκο είναι τοΰ μεταφραστή.

σύστημα J0737-3039¹, πού αποτελείται από δύο άστρα νετρονίων, πυκνότες σφαίρες πυρηνικής ύλης, οί όποίες περιστρέφονται ή μία γύρω από την άλλη με έξαιρετικά ύψηλή ταχύτητα, και μάλιστα βρίσκονται τόσο κοντά ή μία στην άλλη πού ολοκληρώνουν την κίνηση περιστροφής σε δύο ώρες μόνο. Οί μαγνητόσφαιρες πού τά περιβάλλουν, διογκωμένες λόγω τής παρουσίας έντονων μαγνητικών πεδίων, έπιτρέπουν νά διαφεύγουν από τά πολικά καλύμματα περιόδιοι ραδιοπαλμοί. Τά δύο άστρα είναι σε τέτοιο βαθμό συμπαγή, πού στο έσωτερικό τους παραμορφώνουν τόν χωροχρόνο, αφήνοντας νά διαφεύγουν στο κοσμικό κενό βαρυτικά κύματα.² Ό Άντρέα έπρεπε νά παρουσιάσει την ανακάλυψη και νά περιγράψει τις μετρήσεις πού πραγματοποιήθηκαν σχετικά με τις καθυστερήσεις τών ραδιοσημάτων, οί όποίες προκαλούνται καθώς ανεβαίνουν τις πλαγιές του χωροχρόνου πού διαταράσσεται από τη βαρύτητα. Έκείνα τά δεδομένα έμπεριέχουν πολλά στοιχεΐα μνήμης του συστήματος, τó όποιο γεννήθηκε από την έκρηξη δύο άστρων. Τώρα τά άστρα νετρονίων, άπομεινάρι τους, όλισθαίνουν κατά μήκος όλοένα και πιό κοντινών

1. Τó J0737-3039 ταυτοποιεί τó αστρικό σύστημα με τη βοήθεια τών ουράνιων συντεταγμένων (*Nature*, 2003, 426, σ. 531).

2. Όπως και τά φωτεινά κύματα, τά βαρυτικά κύματα είναι άγγελιοφόροι τών μεταβολών, στόν χρόνο, τής βαρυτικής δύναμης. Διαδίδονται στο κενό με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα του φωτός.

τροχιών μέχρι νά συγχωνευτούν σε μία άόρατη μαύρη τρύπα, σε όγδονταπέντε έκατομμύρια χρόνια.

Μίλησα τροχάδην με τόν Άντρέα, και στη συνέχεια με τόν Άλμπερτο, για όρισμένα βήματα πού είχα πραγματοποιήσει εκείνες τις ήμέρες σε κάποιους ύπολογισμούς πού διεξάγαμε από κοινού, σχετικά με άστρα νετρονίων και μαύρες τρύπες σε γαλαξίες πού συγκρούονται μεταξύ τους. Θα ήθελα πολύ νά ήμουν στο Δουβλίνο, όχι μόνο για νά άκούσω τις δικές τους ανακοινώσεις και παρεμβάσεις, αλλά και για εκείνη του Στήβεν Χώκινγκ. Τις προηγούμενες ήμέρες ό ίταλικός και ό ξένος Τύπος είχαν αναγγείλει με πηχυαίους τίτλους ότι ό Στήβεν Χώκινγκ αναθεώρησε την άποψή του, χάνοντας έτσι τó στοίχημα πού είχε βάλει έναντίον του Τζών Πρέσκιλλ, σχετικά με τó παράδοξο τής πληροφορίας, πού τó είχε διατυπώσει τη δεκαετία του 1970 όρμώμενος από τις μελέτες του πάνω στην εξάτμιση τών μαύρων όπών. "Όλα αυτά μου κινούσαν την περιέργεια. Τους είπα νά προσέχουν: θα ήθελα μιá πλήρη αναφορά τών όσων συνέβησαν." Ηξερα πώς και ό Βιττόριο, ό καθηγητής μου τής Γενικής Σχετικότητας, ήταν στο Δουβλίνο. "Ένιωθα σίγουρη: είχα στη διάθεσή μου περισσότερους από έναν μάρτυρα. Στην πραγματικότητα κανείς από έμας δέν εξέπλάγη με τó συμβάν: τó παράδοξο του Χώκινγκ συνδέεται με τη μη πληρότητα τών φυσικών θεωριών μας και τó ξεπέρασμά του συνεπάγεται ένα βήμα πρós μιá λύση πιό συνεπή, λιγότερο προσεγγιστική." Ημαστε όλοι σύμφωνοι ότι τó

στοίχημα που ἔχασε ὁ Χώκινγκ ἦταν ἀσφαλῶς κάτι που ἄξιζε ὅλον ἐκεῖνο τὸν θόρυβο που προκαλοῦσε ὁ Τύπος!

2. Στῆβεν Χώκινγκ

Ο ΣΤΗΒΕΝ ΧΩΚΙΝΓΚ εἶναι πραγματικὴ φυσιογνωμία. Εἶναι ἓνας μεγάλος φυσικός που ἐξερεύνησε τὸ σύμπαν καὶ τὶς μαῦρες τρύπες, προκειμένου νὰ συλλάβει ὅ,τι βαθύτερο ὑπάρχει στὴν πραγματικότητα που μᾶς περιβάλλει. Πρόκειται γιὰ μαθηματικὸ πολὺ ὑψηλοῦ κύρους. Στὸ Καίημπριτζ κατέχει τὴν ἑδρα Henry Lucas (ἢ Lucasian, ὅπως εἶναι εὐρύτερα γνωστή), τὴν ἴδια που κατεῖχαν ὁ Isaac Newton καὶ ὁ Paul Dirac, μεγάλοι δάσκαλοι τῆς φυσικῆς καὶ τῆς ἀνθρώπινης σκέψης. Ἴσως νὰ μὴν εἶναι ἀπλή σύμπτωση τὸ γεγονὸς ὅτι ὁ Χώκινγκ στίς μελέτες του γιὰ τὶς μαῦρες τρύπες γεφύρωσε τὴ φυσικὴ τῆς βαρύτητας, που θεμελίωσε ὁ Νεύτωνας, καὶ τὴν κβαντική φυσικὴ, στὴν οἰκοδόμησή της ὁποίας συνέβαλε καθοριστικὰ ὁ Πῶλ Ντιράκ.

Ὁ Χώκινγκ εἶναι μιὰ μεγάλη φυσιογνωμία καὶ ἐπειδὴ βρίσκεται παγιδευμένος στὰ πλοκάμια μιᾶς ἀσθένειας, τῆς μυατροφικῆς σκλήρυνσης, που τὸν παραλύει. Τοῦ ἀρέσει νὰ μνημονεύει συχνὰ τὸν Ἄμλετ: «...καὶ μέσα στὸν πιὸ μικρὸ καρπὸ τῆς γῆς θὰ ἀισθανόμουν ὅτι ἄρχω στὸ ἄπειρο...»* Φαίνεται ὅτι ὁ

* Οὐίλλιαμ Σαίξπηρ, Ἄμλετ. *Πρίγκιπας τῆς Δανίας*, μετάφραση Γιώργος Χειμωνᾶς, Κέδρος, 1988, σ. 70. (Σ.τ.μ.)

Χώκινγκ κατάφερε να ξεφύγει από τους περιορισμούς εντός των οποίων τον υποχρεώνει να ζει ή ασθένειά του, κατευθύνοντας συχνά τη σκέψη του σε μέρη όπου μόνο η καθαρή διάνοια τολμά να περιπλανηθεί. Έπικοινωνει με τον υπόλοιπο κόσμο με τη βοήθεια ενός ιδιαίτερα εξελιγμένου ηλεκτρονικού υπολογιστή που μετατρέπει σε μεταλλική φωνή ή σε κείμενο τα ασθενή σήματα που μεταδίδουν τα δάχτυλά του: ο υπολογιστής επεξεργάζεται και ολοκληρώνει κάθε λεκτικό σημείο ή μαθηματικό τύπο που ο Χώκινγκ σχεδιάζει στο πληκτρολόγιο. Με τον τρόπο αυτόν σχηματίζονται τα στοιχεία ενός κειμένου ή μιας εξίσωσης, ή οι ήχοι μιας όμιλίας. Ο διάλογος είναι συχνά αργός και κοπιαστικός και έτσι ο Χώκινγκ αναθέτει σε κάποιον μαθητή του το καθήκον να διηγείται και να εξηγεί τη σκέψη του, τις ιδέες του.

Δεν είναι η πρώτη φορά που ο Στῆβεν Χώκινγκ στοιχηματίζει, συχνά παρέα με τον Κίπ Θόρν, διεθνούς φήμης μελετητή της σχετικότητας. Το στοίχημα είναι κάτι επισφαλές, γιατί υπάρχει πάντα ο κίνδυνος να χάσεις. Παρ' όλα αυτά η διατύπωση ενός παραδόξου και η ένδεχόμενη επίλυσή του συνιστούν μια πρόκληση ή οποία διεγείρει τη σκέψη και μάς προσκαλεί να υπερβούμε τα όρια μιας θεωρίας ή οποια έως σήμερα δεν έχει επαληθευτεί. Η φυσική αποτελεί έπιστήμη, έκφραση μιας λογικής και συνεπούς σκέψης, ή οποία αποκτᾶ αξία μόνο στον βαθμό που μπορεί να υλοποιηθεί πειραματικά και να αναπαράχθει. Η σκέψη του Χώκινγκ συχνά προχωρᾶ

πέρα από τα όρια της πειραματικής επαλήθευσης, του όρατου κόσμου. Αγγίζει ανεξερεύνητες περιοχές της φυσικής.

Ο Στῆβεν Χώκινγκ, μελετώντας τις μαύρες τρύπες, αντιλήφθηκε τις θεμελιώδεις ιδιότητές τους, επιχειρώντας τον διάλογο και τη σύνθεση μεταξύ βαρύτητας και κβαντικής φυσικής: ή πρώτη ενεργεί στην κλίμακα του μακρόκοσμου και συνεπώς του σύμπαντος· ή δεύτερη κινείται στην κλίμακα του μικρόκοσμου, του κόσμου των στοιχειωδών σωματιδίων, των κουάρκ, των ατόμων και των μορίων. Το παράδοξο του Χώκινγκ γεννιέται από την εξερεύνηση του κενού χώρου, γύρω από μια μαύρη τρύπα, ή οποία βρίσκεται σε διαρκή κίνηση και στρέβλωση εξαιτίας της κβαντικής απροσδιοριστίας, και αναφύεται από έναν συνδυασμό –συνδυασμό κατά πάσα πιθανότητα αναχλόουθο– των φυσικών νόμων του μικρόκοσμου και του μακρόκοσμου, που έχουν επαληθευτεί αμφότεροι με εξαιρετική ακρίβεια.

Ένα παράδοξο είναι μια άπιθανη, αναπάντεχη πρόταση ή οποία διατυπώνεται σε καταφανή αντίθεση με αρχές ή νόμους. Εντούτοις, όταν υποβληθεί σε κριτική και αυστηρή εξέταση, ενδέχεται να αποδειχτεί απολύτως έγκυρη. Το παράδοξο που περιγράφεται εδώ υπαινίσσεται ότι, στο σύμπαν, εκείνο το ανεκτίμητο σύνολο δεδομένων που αποκαλούμε πληροφορία, με τη βοήθεια της οποίας ανασυνθέτουμε την ιστορία ενός συστήματος, υπάρχει ή πιθανότητα μερικές φορές να χαθεί οριστικώς και αμετακλήτως.

Δημιουργείται ή έντύπωση ότι έκμηδενίζονται όρισμένες βαθύτερες συμμετρίες, οί όποίες ένυπάρχουν στούς νόμους τοῦ μικρόκοσμου καί τοῦ μακρόκοσμου, από τίς όποίες παράγονται πολλές από τίς άρμονίες πού παρατηροῦμε στόν φυσικό κόσμο. Μεταξύ αὐτῶν ὑπάρχει κάποια συμμετρία ή όποία συνδέεται με τόν χρόνο καί εἶναι ό φύλακας τῆς πληροφορίας : θά καταστραφεῖ ποτέ ; Νά, λοιπόν, πού τό παράδοξο γίνεται μεταφορά ένός κόσμου όπου ή μνήμη περιορίζεται αίσθητά, για νά μὴν ποῦμε ότι διαγράφεται έντελῶς.

Τό παράδοξο τοῦ Χώκινγκ βρίσκει τή διατύπωση του καί τή λογική του στόν χῶρο τῆς φυσικῆς τῶν μαύρων ὁπῶν. Παρά ταῦτα διαθέτει πολὺ εὐρύτερη ἰσχὺ, στὸν βαθμὸ πού καλύπτει βαθύτατες πλευρὲς τῆς φυσικῆς πραγματικότητας : στὸ κέντρο μιᾶς μαύρης τρύπας δημιουργοῦνται συνθῆκες παρόμοιες με ἐκεῖνες πού επικρατοῦσαν στὸ σύμπαν τῇ στιγμῇ τοῦ Big Bang, τῆς μεγάλης ἀρχικῆς ἔκρηξης. Τῇ στιγμῇ τῆς Μεγάλης Ἐκρηξης δημιουργεῖται ό χρόνος, ό χῶρος διαστέλλεται ἐπεκτεινόμενος καί ή ὕλη δὲν εἶναι παρά ἓνα ἀρχέγονο κοσμικὸ ρευστὸ πού βρίθει ἀπὸ στοιχειώδη σωματίδια. Στῇ διάρκεια ἐκείνων τῶν πρώτων στιγμῶν οἱ φυσικοὶ νόμοι τοῦ μικρόκοσμου καί τοῦ μακρόκοσμου, ὅπως τοὺς γνωρίζουμε σήμερα, εἶναι ἥμιτελεῖς : πρέπει νά συγχωνευτοῦν σὲ μιὰ νέα θεωρία ἱκανὴ νά περιγράψει τίς ἀλλεπάλληλες μεταμορφώσεις στίς όποίες ὑπόκεινται σωματίδια καί ἀντισωματίδια, κουάρκ καί ἀντικουάρκ, πρὶν νά μετασχηματιστοῦν σὲ ἄστρα, νέφη, φεγγάρια, γαλαξίες,

δημιουργώντας τό σύμπαν πού παρατηροῦμε. Τό παράδοξο μιᾶς ὠθεῖ νά θέσουμε τίς βάσεις μιᾶς θεωρίας πού ἐνοποιεῖ βαρύτητα καί κβαντική φυσική.

Στὸ ἀνὰ χείρας βιβλίό, ξεκινώντας ἀπὸ τὰ διδάγματα τοῦ Νεύτωνα καί τοῦ Ἀϊνστάιν, θά ἀνακαλύψουμε τή σημασία τῆς βαρύτητας ὡς παγκόσμιας-συμπαντικῆς δύναμης. Ἀκολουθώντας τή σκέψη τοῦ Ἀϊνστάιν, θά προσεγγίσουμε τὴν ἔννοια τοῦ χωροχρόνου ὡς δυναμικῆς ὄντότητας πού παίρνει τὴ θέση τῆς βαρύτητας, για νά περιγράψει τὴν ἀληθινὴ ἀρχιτεκτονικὴ τοῦ σύμπαντος. Θά ἀναζητήσουμε τόπους ὅπου ή βαρύτητα λαμβάνει ἀκραῖες τιμές, ἀπὸ ὅπου οὔτε τό φῶς δὲν μπορεῖ νά βρεῖ τρόπους διαφυγῆς : εἶναι οἱ μαῦρες τρύπες, κόσμοι τῆς κρυμμένης μνήμης, μυστηριώδεις φιλοξενούμενοι τοῦ κοσμικοῦ μας περιβάλλοντος. Στῇ συνέχεια θά βυθιστοῦμε στίς ἀρμονίες τῶν ἀστρικῶν κινήσεων καί στὰ αἰνίγματα τοῦ παιχνιδιοῦ τῆς μνήμης. Εἰσερχόμενοι στὴν κβαντικὴ φυσικὴ θά ἀνακαλύψουμε ότι οἱ μαῦρες τρύπες δὲν εἶναι ἀμετάβλητα ἄστρα, ἀλλὰ ότι ἐξατμίζονται με ἀργὸ ρυθμὸ, καθὼς μετατρέπονται σὲ φῶς. Ὡστόσο ἀκόμη δὲν γνωρίζουμε ἂν αὐτὸ τό φῶς μεταφέρει ή δὲν μεταφέρει μνήμη, δηλαδὴ πληροφορίες τῆς ἱστορίας σχηματισμοῦ τῆς μαύρης τρύπας. Σὲ ἓνα τέτοιο πλαίσιο προβάλλει στὸ προσκήνιο τό παράδοξο τοῦ Χώκινγκ. Ἡ ἱστορία θά ἔρθει ἐκ νέου στὴν ἐπιφάνεια ή θά ξεχαστεῖ διὰ παντός ;

Υφίσταται μιὰ λογικὴ κυκλικὴ διαδρομὴ, πού θά τὴν ἀκολουθήσουμε, μέσα ἀπὸ τὴν όποία τὰ ἄστρα

καὶ οἱ μαῦρες τρύπες θὰ μᾶς ὀδηγήσουν στὸ παιχνίδι τῆς μνήμης· ὅπου τὸ κυμαινόμενο κενὸ σὲ ἕναν χωροχρόνο διαμορφωμένο ἀπὸ τὴ βαρύτητα θὰ μᾶς βοηθήσει νὰ ἀνακαλύψουμε τὴν ἐξαφάνιση, τὴν ἀπώλεια τῆς πληροφορίας καὶ τὸ παράδοξο. Ἀκόμη, τὸ κενὸ καὶ ὁ χωροχρόνος, παραμορφωμένα ἀπὸ τὴν κβαντικὴ ἀπροσδιοριστία, θὰ ἀνασυντεθοῦν στὸ τέλος γιὰ νὰ κλείσουν τὸν κύκλο καὶ νὰ δώσουν τὶς ἀπαντήσεις, ξεδιαλύνοντας τὸ παράδοξο.

3. Βαρύτητα, γεωμετρία καὶ χωροχρόνος : τὰ διδάγματα τοῦ Νεύτωνα καὶ τοῦ Ἀϊνστάιν

Ο ΝΕΥΤΩΝΑΣ ἔδωσε μαθηματικὴ μορφή στὴ βαρύτητα, τὴ δύναμη ποὺ ἔλκει τὰ σώματα καὶ ἡ ὁποία ἔχει ὡς πηγὴ προέλευσής της τὴ μάζα τους. Ἐγράψε τὸν νόμο ποὺ ρυθμίζει τὴν τακτικὴ κίνηση δύο ἄστρων, ἀποδεικνύοντας ὅτι αὐτὰ διαγράφουν στὸν χῶρο ἐλλείψεις, κλειστὲς ὠοειδεῖς καμπύλες ποὺ διατρέχονται κυκλικῶς στὸν χρόνο, ἢ ὑπερβολές, ἀνοιχτὲς γραμμές, ὅπως ἐκεῖνες ποὺ πραγματοποιοῦν οἱ κομήτες. Συνεπῶς «καμπύλες» πορεῖες, τέλειες γεωμετρικὲς μορφές. Στὴ συνέχεια συνέθεσε τὶς δυνάμεις γιὰ νὰ περιγράψει τὴν κίνηση περισσότερων σωμάτων, ὅπως ἡ κίνηση τοῦ ἡλίου μὲ τοὺς πλανῆτες του καὶ μὲ τὰ φεγγάρια τους. Ὁ χρόνος ρέει ὁμοιόμορφα σὲ συμφωνία μὲ τὸν ἀργὸ κοσμικὸ χορὸ τῶν ἄστρων, καὶ ὁ ρυθμὸς του δίδεται ἀπὸ ἕνα καὶ μοναδικὸ συμπαντικὸ ρολόι. Ὁ ἀπέραντος χῶρος, ἰσότροπος στὶς τρεῖς διαστάσεις του, ὁμοιόμορφος σὲ κάθε τόπο του, καθίσταται θέατρο, στατικὴ σκηνὴ ὅπου συγκεντρώνει ἅπειρα δυνατὰ συμβάντα.

Ὁ Νεύτωνας κατανόησε ὅτι ἡ δύναμη ποὺ κρατᾷ δεμένα μεταξύ τους ἀπομακρυσμένα ἄστρα καὶ μακρινοὺς πλανῆτες εἶναι ἡ ἴδια ποὺ καθελώνει ἐμᾶς στὴ Γῆ, σὲ «ἐπαφή» μὲ τὴν ἐπιφάνειά της. Μολα-

ταῦτα στο ἔργο του *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* ἔγραψε: «Εἶναι παράξενο τὸ γεγονός ὅτι ἡ βαρύτητα, ἔμφυτη καὶ οὐσιώδης δύναμη τῆς ὕλης, ἐνεργεῖ ἀπὸ ἀπόσταση διαμέσου τοῦ χώρου μὲ τέτοιον τρόπο πὺ τὸ ἓνα σῶμα νὰ ἔλκει τὸ ἄλλο δίχως τὴ μεσολάβηση κάποιου ἄλλου πράγματος, ὑλικοῦ ἢ αὐλοῦ, παρὰ μόνο μὲ τὴ δράση του νὰ μεταδίδει τὴ δύναμη». ¹ Γιὰ τὸν Νεύτωνα, ὁ κενὸς χώρος, ἀπαραίτητη προϋπόθεση γιὰ τὴ βαρυτικὴ δράση, παρέμενε ἀκατανόητος, μεταφυσικὸς αἰθέρας δίχως ἀπτές μετρήσιμες ιδιότητες. Πολὺ ἀργότερα ὁ Ἀινστάιν, μὲ τὴ δική του θεωρία γιὰ τὴ Γενικὴ Σχετικότητα, κατανόησε πῶς ἦταν ἐφικτὸ νὰ ἐξηγήσουμε τὴν ἀλληλεπίδραση μεταξὺ μακρινῶν ἄστρον, ἀποδίδοντας μορφή καὶ κίνηση στὸν χώρο καὶ στὸν χρόνο.

Ὁ Ἀινστάιν γνώριζε ὅτι τὸ φῶς μεταδίδεται στὸν κενὸ χώρο μὲ πεπερασμένη ταχύτητα καὶ ὅτι ἡ συγκεκριμένη ταχύτητα ἀποτελεῖ μιὰ παγκόσμια σταθερά. ² Ἡ τιμὴ του δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν κίνηση τῆς πηγῆς οὔτε ἀπὸ τὸν παρατηρητή. Κανένα σῶμα δὲν

1. Newton, *Principia*.

2. Σᾶς προτείνουμε νὰ διαβάσετε τὸ ἄρθρο “‘c’ is the speed of light, isn’t it?” τῶν George Ellis καὶ Jean-Philippe Uzan (δημοσιεύθηκε στὴν ἐπιστημονικὴ ἐπιθεώρηση *The American Journal of Physics*, 2005, 73, 240), ὅπου φωτίζεται μὲ κριτικὸ πνεῦμα τὸ περιεχόμενο πρόσφατων θεωριῶν περὶ μὴ σταθερότητας τῆς ταχύτητας τοῦ φωτός, σὲ κοσμολογικὴ κλίμακα. Αὐτὸς ὁ προβληματισμὸς μόνο περιθωριακὰ ἀγγίζει τὰ θέματα πὺ πραγματευόμαστε ἐδῶ.

μπορεῖ νὰ φτάσει αὐτὴ τὴν ταχύτητα, τὴ μέγιστη δυνατὴ στὴ φύση. Τὸ γεγονός αὐτὸ ὥθησε τὸν Ἀινστάιν νὰ διατυπώσει τὴν Εἰδικὴ Θεωρία τῆς Σχετικότητας. Μολονότι ἐπαληθεύτηκε μὲ ἐξαιρετικὴ ἀκρίβεια στὸν πραγματικὸ κόσμος, ἡ ἐν λόγω θεωρία ἐξακολουθεῖ νὰ μᾶς ἐκπλήσσει, γιὰτὶ σὲ αὐτὴν ὁ χώρος καὶ ὁ χρόνος ἀπογυμνώνονται ἀπὸ κάθε ἀπολυτότητά τους. Οἱ κανόνες, γιὰ νὰ διατάξουμε τὰ σημεῖα ὁλόκληρου τοῦ χώρου, καὶ τὰ ρολόγια, γιὰ νὰ ρυθμίζουμε τὸν χρόνο, διαφέρουν ἀπὸ παρατηρητὴ σὲ παρατηρητὴ. Κάθε μονάδα μέτρησης τοῦ χρόνου καὶ τοῦ χώρου σχετικοποιεῖται, μὲ ἀποτέλεσμα συμβάντα ὁμόχρονα γιὰ ἓναν παρατηρητὴ, νὰ φαίνονται σὲ κάποιον ἄλλο (ὁ ὅποιος βρίσκεται σὲ κίνηση ἐν σχέσει πρὸς τὸν πρῶτο) διακριτὰ στὸν χρόνο. Ὁχι πλέον ὁ χώρος καὶ ὁ χρόνος χωριστὰ ὁ ἓνας ἀπὸ τὸν ἄλλον, ἀλλὰ ὁ χωροχρόνος καθίσταται μιὰ ἀκατάλυτη, ἀπόλυτη ὄντότητα.

Ἐκτὸς τῶν ἄλλων ὁ Ἀινστάιν παρατήρησε ὅτι τὸ φῶς στὴν πραγματικότητα ἀποτελεῖται ἀπὸ κβάντα καθαρῆς ἐνέργειας, αὐτὰ σωματίδια πὺ καλοῦνται φωτόνια. Ὡς ἐὰν νὰ ἐπρόκειτο γιὰ ἓνα παιχνίδι τῆς φύσης, αὐτὰ μποροῦν νὰ μεταμορφωθοῦν σὲ ὕλη: φωτόνια σὲ σωματίδια, σωματίδια σὲ φωτόνια. Συνεπῶς ἡ ἐνέργεια εἶναι ὕλη καὶ ἡ ὕλη εἶναι ἐνέργεια. ¹ Ποιές

1. Ὑπεύθυνες γι’ αὐτὲς τὶς μεταμορφώσεις εἶναι οἱ ἄλλες τρεῖς γνωστὲς δυνάμεις-ἀλληλεπιδράσεις πὺ ὑπάρχουν στὴ φύση: ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ δύναμη, ἡ ἰσχυρὴ (πυρηνικὴ) καὶ ἡ ἀσθενής.

είναι οι συνέπειες αυτής της ισοδυναμίας ; "Αν ή ύλη είναι πηγή βαρύτητας, τότε με τη σειρά της και ή ενέργεια είναι πηγή βαρύτητας. "Αν ή ύλη έλκεται από τη βαρύτητα άλλων πηγών, τότε και ή ενέργεια έλκεται. Νά, λοιπόν, πού φως και ύλη, φεγγάρια, πλανήτες και άστρα καθίστανται πρωταγωνιστές (όταν δρούν) και θεατές (όταν υφίστανται) σε ένα μεγάλο θέατρο : τὸ σύμπαν. *Η βαρύτητα αναδεικνύεται παγκόσμια δύναμη.*

Με ποιό τρόπο θα μπορούσαμε να εκφράσουμε αυτή τη δυαδικότητα ρόλων σε μια φυσική θεωρία ; Συνδέοντας άρρηκτα τη βαρύτητα με την καθαρή γεωμετρία του χωροχρόνου. "Αν ο ήλιος καμπυλώνει την πορεία ενός κομήτη ή τη φωτεινή ακτίνα ενός άστρου υποβάθρου, εκτρέποντάς την από την ευθύγραμμη κίνηση, καθώς έλκεται από τη βαρύτητα, τότε, για ποιό λόγο, αντιθέτως, να μη σκεφτούμε να καμπυλώσουμε τὸν χῶρο γύρω από τὸν ἥλιο αναγκάζοντας τὸν κομήτη ή τὴν ακτίνα φωτός να ὀλισθήσουν στίς πτυχώσεις του ; Νά πού φεγγάρια, πλανήτες, άστρα, γαλαξίες και φως κυρτώνουν τὸν χῶρο και οί κινήσεις τους ὀλισθαίνουν στίς καμπυλότητες και στίς κοιλότητές του. Και τὸν χρόνο γιατί να τὸν ἀποκλείσουμε, ἂν συνδέεται άρρηκτα με τὸν χῶρο, στήν Εἰδική Σχετικότητα ;

Ο 'Αινστάιν συνέθεσε τη Γενική Σχετικότητα, τη θεωρία τῆς βαρύτητας, ὅπως συντίθεται μια καινούργια μουσική με νέα ἁρμονικά σχήματα και ἄγνωστους ἤχους, ἤχοχρώματα, ἀνακαλύπτοντας κρυφές συμμετρίες, παίζοντας με μαθηματικά και γεωμετρικές κα-

τασκευασμένα για να δώσουν μορφή στὸν χωροχρόνο. Έγραψε νέες εξισώσεις για να ἀποδώσει τὴν ἀληθινὴ γεωμετρία τοῦ χωροχρόνου, δίχως να εἶναι σε θέση να φανταστεῖ τὸν πλοῦτο τῶν φαινομένων πού ἔκλειναν ἐντὸς τους. Έπομένως ὁ χωροχρόνος μετατρέπεται σε μιὰ δυναμική, ἐνεργητικὴ ὄντοτητα : ή γεωμετρία του ποικίλλει σε συμφωνία με τις κινήσεις τῶν διαφόρων πηγῶν του και οί πορείες τῶν σωμάτων προσαρμόζονται στὸν ιστό του ἀκολουθώντας τις μορφές του. Η καμπυλότητα τοῦ χωροχρόνου ἀντικαθιστᾶ τη βαρύτητα προκειμένου να ὀδηγήσει τὴν κίνηση φωτός και ὕλης και να διαμορφωθεῖ με τη σειρά της. Κύματα κυρτότητας σχηματίζονται και διαδίδονται στὸν χωροχρόνο, με ταχύτητα ἴση με τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, για να μᾶς προειδοποιήσουν για αἰφνίδιες μεταβολές στίς κινήσεις τῶν ἄστρων, για βίαιες και ξαφνικές συντῆξεις μεταξύ ἄστρων νετρονίων και μαύρων ὀπῶν : εἶναι τὰ βαρυτικά κύματα πού προσπαθοῦμε να αἰχμαλωτίσουμε με τοὺς ἀνιχνευτές μας.

Ο 'Αινστάιν θέλησε να ξαναβρεῖ ἐκεῖνες τις τόσο κομψές ἐλλείψεις πού περιγράφουν τὴν ἁρμονικὴ κίνηση τῶν πλανητῶν γύρω από τὸν ἥλιο. Πῶς να μὴν ἀποδεχτεῖ τὴν ὁμορφιὰ τῆς θεωρίας τοῦ Νεύτωνα, ή ὁποία δοκιμάστηκε και ἐπαληθεύτηκε στὸ κοντινὸ μας σύμπαν ; Διαπίστωσε ὅτι ἐκεῖνες οί κινήσεις στή δική του θεωρία λειτουργοῦσαν ὡς ὅρια, ὅταν ή καμπύλωση τοῦ χωροχρόνου δὲν εἶναι παρὰ μόνο μιὰ μικρὴ πτύχωση. Ὅπως προέβλεψε ὁ Νεύτωνας, σε αὐτοὺς τοὺς μικροὺς κόλπους τοῦ χώρου λαμβάνουν χώρα οί κινή-

σεις τῶν πλανητῶν καὶ τῶν φεγγαριῶν τους γύρω ἀπὸ τὸν ἥλιο, ἐκτὸς ἐλάχιστων μετρήσιμων ἐκτροπῶν. Ὁ χωροχρόνος, ὁ ὁποῖος δὲν συνιστᾷ πλέον μιὰ μεταφυσικὴ ὄντοτητα, ἀλλὰ καθαρὴ γεωμετρία, διαμορφώνεται ἀνάλογα γιὰ νὰ προειδοποιήσῃ τοὺς πλανῆτες γιὰ τὴν παρουσία τοῦ ἡλίου.

Παρ' ὅλα αὐτὰ ἀπαντοῦν τοποθεσίες ἰσχυρῆς βαρύτητας, ὅπου ὁ χωροχρόνος παραμορφώνεται δημιουργώντας καμπυλώσεις ἀκραίας μορφῆς: ὁ Karl Schwarzschild¹, ἐπιλύοντας τὶς ἐξισώσεις τοῦ Ἀϊνστάιν, ὁδηγήθηκε στὴν ἀφηρημένη ἔννοια τῆς μαύρης τρύπας. Μόνο ἀργότερα ἔγινε ἀντιληπτὸ ὅτι μικρὲς στρεβλώσεις τοῦ χωροχρόνου μποροῦν νὰ μεγαλώσουν φτάνοντας σὲ γιγαντιαῖες διαστάσεις, μὲ ἀποτελεσματὸ ἀπὸ ἄστρα ἢ ἀπὸ τεράστια νέφη ἀερίων νὰ δημιουργηθοῦν πραγματικὲς μαῦρες τρύπες. Πρὶν ὅμως εἰσελθoυμε στὸν κόσμον τῶν μαύρων ὁπῶν θὰ πρέπει νὰ σταθοῦμε γιὰ λίγο στὸ παιχνίδι τῆς μνήμης.

1. Ἡ ἀνακάλυψη τῆς ὑπαρξῆς τῶν μαύρων ὁπῶν ἔγινε τὸ 1916 ἀπὸ τὸν Κάρλ Σβάρτςιλντ, στὴν προσπάθειά του νὰ ἐπιλύσῃ τὶς ἐξισώσεις τοῦ Ἀϊνστάιν ποὺ καθορίζουν πῶς ἡ γεωμετρία τοῦ χωροχρόνου συνδέεται μὲ τὶς πηγὲς τῆς βαρύτητας.

4. Τὸ παιχνίδι τῆς μνήμης

ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ τῶν ἁρμονικῶν κινήσεων τῶν ἄστρον ἀναδύεται, βαθύτατη, ἡ ἔννοια τῆς μνήμης, ἡ ὁποία περικλείεται στοὺς νόμους τοῦ Νεύτωνα καὶ στοὺς περισσότερο γενικοὺς νόμους τῆς θεωρίας τοῦ Ἀϊνστάιν. Γιὰ ποιό λόγο νὰ μὴ φανταστοῦμε αὐτὲς τὶς ἐλλειπτικὲς τροχιὲς ὡς μιὰ μεταφορὰ ἐπαναλαμβανόμενων ἱστοριῶν; Ἡ αὐτὲς τὶς ὑπερβολὲς ὡς μιὰ ἀνάμνηση σύντομων, ἔντονων συμβάντων; Οἱ νόμοι τῆς φυσικῆς φαίνεται νὰ περικλείουν μέσα τους καὶ νὰ διαφυλάττουν τὴν ἔννοια τῆς μνήμης, ἀλυσώνοντας τὰ γεγονότα σὲ λογικὲς ἀλληλουχίες, διατεταγμένες μὲ τέτοιο τρόπο ποὺ νὰ καθίσταται ἐφικτὸ νὰ ἀνασυνθέσουμε τὸ παρελθὸν ἀπὸ τὴ γνώση τοῦ παρόντος· ἀρκεῖ νὰ γνωρίζουμε τὴ θέση καὶ τὴν ταχύτητα ἑνὸς ἄστρου, σὲ μιὰ δεδομένη στιγμή, γιὰ νὰ ξαναδιατρέξουμε τὴν ἱστορία του καὶ νὰ χαράξουμε τὴ μελλοντικὴ πορεία του. Αὐτὸ ἰσχύει καὶ γιὰ περισσότερα τοῦ ἑνὸς ἄστρου καὶ κατὰ συνέπεια γιὰ ὁλόκληρο τὸ σύμπαν. Αὐτὸς εἶναι ὁ ἐπιστημονικὸς ντετερμινισμός: ὁρίζει μὲ ποιὸ τρόπο, ξεκινώντας ἀπὸ τὴν πλήρη γνώση τοῦ σύμπαντος σὲ μία μόνο σύντομη στιγμή, εἶναι δυνατόν νὰ περιγράψουμε ὁλόκληρη τὴν ἐξέλιξή του, περασμένη καὶ μελλοντική.

Παρατηρώντας αυτές τις ἐλλείψεις ἢ τις ὑπερβολές εἴμαστε σὲ θέση νὰ ἀνασυνθέσουμε ὁλόκληρο τὸ ταξίδι. Ὑφίσταται λοιπὸν ἓνας δεσμὸς μεταξύ μνήμης, χρόνου καὶ κίνησης. Πῶς νὰ τὸν ἐκφράσουμε; Στούς νόμους τῆς μηχανικῆς τοῦ Νεύτωνα, ὅπως καὶ στοὺς νόμους τῆς Γενικῆς Σχετικότητας, περιλαμβάνεται ἡ ἔννοια τῆς ἀναστρεψιμότητας: ἀναστρέφοντας σὲ κάποια δεδομένη στιγμή τὸ βέλος τοῦ χρόνου, βλέπουμε νὰ συντελεῖται ἡ ἐξέλιξη τοῦ σύμπαντος ἀκολουθώντας ἀκριβῶς τὴν ἴδια ἀλληλουχία γεγονότων ποὺ τὸ ὁδήγησαν σ' ἐκεῖνο τὸ σημεῖο. Πρόκειται γιὰ τὴ συμμετρία στὴν ἀλλαγὴ προσήμου τοῦ χρόνου: ἂν ὁ χρόνος t ἀντιστρέφεται σὲ $-t$, εἰσερχόμαστε στὸ παρελθόν, ὅπου τίποτε δὲν μπορεῖ νὰ τροποποιηθεῖ, ὅπου κάθε γεγονὸς συνδέεται μὲ τὸ ἐπόμενο καὶ τὸ προηγούμενο μὲ μονοσήμαντο « αἰτιώδη » τρόπο.

Τί εἶναι ἐπομένως τὸ παιχνίδι τῆς μνήμης; Εἶναι ἡ ἀνασύνθεση τοῦ παρελθόντος ἀπὸ τὴ γνώση τοῦ σήμερα, μὲ βάση τὸ σύνολο τῶν γνώσεων ποὺ κατέχουμε, καὶ κάτι τέτοιο εἶναι δυνατόν μονάχα ἂν ἡ πληροφορία ποὺ ἀφορᾷ τὸ σύστημα εἶναι πλήρως προσπελάσιμη.

Ἡ πληροφορία δὲν εἶναι πάντα πλήρης. Συχνὰ εἶναι μόνο ἐν μέρει, γιατί στὸ πέρασμα τοῦ χρόνου τείνει νὰ διασκορπίζεται στὸ σύμπαν, τὸ ὁποῖο δὲν εἶναι ὁρατὸ στὴν ὁλότητά του. Σὲ ἄλλες περιπτώσεις, ἡ πληροφορία φυλάγεται σὲ κάποιο ἀπομονωμένο μέρος, ἔτσι ποὺ κατὰ τὴν ἐξερεύνηση τοῦ σύμπαντος μποροῦμε νὰ ὁδηγηθοῦμε, ἀπὸ καθαρὴ τύχη, σὲ ἀπρόσμενες ἀνα-

καλύψεις. Γιατί νὰ μὴν πιστέψουμε ὅτι κάτι τέτοιο συμβαίνει στὴν περίπτωσι τῶν δύο ἄστρων νετρονίων στὸ σύστημα J0737-3039, μὲ τὴν τακτικὴ κίνησή τους καὶ τὶς διογκωμένες μαγνητόσφαιρές τους, ὅπου βρίσκεται κλεισμένη ἡ ἱστορία τους;

Ἐνίοτε ἡ πληροφορία κρύβεται πίσω ἀπὸ τὸν ὀρίζοντα γεγονότων μιᾶς μαύρης τρύπας!

5. Μαύρες τρύπες μεταξύ συμμετρίας καὶ πραγματικότητας

*Δὲν ὑπάρχει ἐξαιρετικὴ ὁμορφιὰ ποὺ
δὲν ἔχει κάτι ἀναλογικὰ παράξενο!*

FRANCIS BACON

ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΤΙΠΟΤΕ ΠΙΟ ΠΑΡΑΞΕΝΟ ἀπὸ μιὰ μαύρη τρύπα λόγω τῆς ἀπλότητος καὶ τῆς μαθηματικῆς ὁμορφιᾶς της, τίποτε πιὸ μυστηριώδες ἀπὸ μιὰ μαύρη τρύπα, ἐξαιτίας τοῦ γεγονότος ὅτι συνιστᾷ μιὰ κοσμικὴ παγίδα.

Ἡ μαύρη τρύπα εἶναι ἓνα ἄστρο-ἀπομεινάρι, ἓνα ἐξωτικὸ ἄστρο, γιατί ἡ μάζα του περικλείεται μέσα σὲ μιὰ αἰθέρια καὶ φανταστικὴ σφαῖρα ποὺ αἰωρεῖται στὸ κενό, ποὺ στὴν περίπτωση αὐτὴ τὴν ὀνομάζουμε *ὀρίζοντα γεγονότων*: χαράζει τὸ ὄριο μεταξύ ἑνὸς ἐσωτερικοῦ κόσμου ποὺ ἐμεῖς δὲν μπορούμε νὰ τὸν παρατηρήσουμε καὶ τοῦ ὁρατοῦ σύμπαντος. Ὁ ὀρίζοντας γεγονότων δὲν εἶναι μία γραμμὴ, ἀλλὰ μία ἐπιφάνεια, καὶ κανένα σωματίδιο, ὑλικὸ ἢ αὐλὸ, δὲν μπορεῖ νὰ τὸν διασχίσει ἐκ νέου, ἀναστρέφοντας τὴν πορεία του, ἂν τὸν ἔχει διασχίσει ἤδη μία φορά. Οὔτε καὶ γιὰ τὸ ἴδιο τὸ φῶς ὑπάρχει τρόπος διαφυγῆς· στὸν ὀρίζοντα γεγονότων ὁ χῶρος κλείνει ἀκόμη καὶ γιὰ τοὺς ταχύτερους ἀγγελιοφόρους καὶ ἡ μαύρη τρύπα γίνεται, γιὰ ὅποιον ἐξερευνεῖ τὸ ἐσωτερικὸ της, ἓνας κόσμος δίχως ἐπιστροφὴ.

Ὁ Κὰρλ Σβάρτσιλντ ἦταν ὁ πρῶτος ποὺ προσδιόρισε τὰ χαρακτηριστικὰ μιᾶς «κλασικῆς» μαύρης τρύπας, δηλαδὴ μιᾶς ἀμετάβλητης μαύρης τρύπας, ἡ μάζα τῆς ὁποίας καθορίζει τὴν ἔκταση τοῦ ὀρίζοντα γεγονότων καὶ ὀρίζει τὴ γεωμετρία τοῦ περιβάλλοντος χωροχρόνου. Ἀνακάλυψε ὅτι ἡ μάζα μιᾶς μαύρης τρύπας ποικίλλει, μπορεῖ νὰ εἶναι ὅποιαδήποτε: ἴση μὲ τὴ μάζα ἑνὸς ἀτόμου, μιᾶς μικρῆς πέτρας, ἑνὸς πλανήτη, ἑνὸς ἄστρου ἢ ἑνὸς ὀλόκληρου γαλαξία. Ἄν ἡ Γῆ ἔχανε τὴν ἰσορροπία της καταρρέοντας σὲ μιὰ μαύρη τρύπα, ἡ μάζα της θὰ συμπυκνωνόταν σὲ τέτοιο βαθμὸ ποὺ θὰ χωροῦσε σὲ μιὰ σφαῖρα μὲ ἀκτίνα ἴση μὲ ἓνα ἑκατοστόμετρο. Σὲ περίπτωσιν ποὺ ὁ δικός μας Γαλαξίας (ὅπου κατοικοῦμε) κατέρρεε καὶ μετατρεπόταν σὲ μιὰ μαύρη τρύπα, τότε ἑκατοντάδες δισεκατομμύρια ἄστρα θὰ ἀπομονώνονταν σὲ μιὰ σφαῖρα μεγάλῃ ὅσο καὶ τὸ σημερινὸ ἡλιακὸ μας σύστημα.

Ὁ Roy Kerr¹, πολλὰ χρόνια μετὰ τὴν ἀνακάλυψιν

1. Τὸ 1963, ὁ Ρόυ Κέρρ, ἐρευνητὴς τῆς σχετικότητας, ἐπέλυσε τίς ἐξισώσεις τοῦ Ἀϊνστάιν γιὰ μιὰ περιστρεφόμενη μαύρη τρύπα, γενικεύοντας τὰ πορίσματα τοῦ Κὰρλ Σβάρτσιλντ. Πρὶν ἀπὸ τὴν ἀνακάλυψιν τοῦ Κέρρ, πολλοὶ θεωροῦσαν ὅτι ἓνα ἄστρο μὲ μάζα πολὺ μεγαλύτερη (8 φορές) τῆς ἡλιακῆς μάζας τερμάτιζε τὴ ζωὴ του μὲ τὴ μορφή ἑνὸς ἐκφυλισμένου ἀστρικοῦ λειψάνου ὑποστηριζόμενου ἀπὸ τὴν περιστροφὴ. Μὲ τὴν ἀνακάλυψιν τῶν περιστρεφόμενων μαύρων ὁπῶν ἔγινε ἀντιληπτὸ πῶς οὔτε ἡ περιστροφὴ ἦταν σὲ θέση νὰ ἐμποδίσῃ τὴν κατάρρευση τοῦ ἄστρου, ἢ ὅποια συντελεῖται ὅταν ἐξαντλοῦνται οἱ πηγὲς πυρηνικῆς ἐνέργειας.

τοῦ Σβάρτσιλντ, βρῆκε ὅτι μιὰ μαύρη τρύπα μπορεῖ καὶ νὰ περιστρέφεται, νὰ ἔχει συνεπῶς στροφορμή. Ὁ χωροχρόνος πού τὴν περιβάλλει ἐξακολουθεῖ νὰ εἶναι γεωμετρικῶς διατεταγμένος : ὁ ἄξονας γύρω ἀπὸ τὸν ὁποῖο περιστρέφεται ὀρίζει μιὰ προνομιούχο κατεύθυνση, ἔτσι πού κοιτάζοντας κατὰ μῆκος αὐτῆς τῆς κατεύθυνσης τὰ πάντα νὰ φαίνονται συμμετρικά. Πέριξ τῆς μαύρης τρύπας δημιουργεῖται μιὰ ἀσταθῆς χωροχρονικὴ δίνη, ἡ ἐργόσφαιρα, ὅπου σωματίδια καὶ φῶς ὑποχρεώνονται νὰ περιστρέφονται μαζὶ τῆς, γιὰ νὰ καταβροχθιστοῦν ἐν συνεχείᾳ ἀνεπιστρεπτί. "Ὡστε λοιπὸν μόνο μάζα καὶ περιστροφή χαρακτηρίζουν μιὰ μαύρη τρύπα ; Ὑπάρχει μιὰ τρίτη καὶ τελευταία παράμετρος : τὸ ἡλεκτρικὸ φορτίο καὶ πέραν τούτου οὐδέν. Εἶναι οἱ μόνες δυνατὲς παράμετροι καὶ οἱ πιὸ γενικὲς, σύμφωνα μὲ τὸ *no hair theorem*¹ : οἱ μαῦρες τρύπες περιγράφονται ἀπὸ τρεῖς μόνο ἀριθμούς, μάζα-περιστροφή-ἡλεκτρικὸ φορτίο, πού καθορίζουν μονοσήμαντα τὴ μορφή, δηλαδή τὴ γεωμετρία ὁλόκληρου τοῦ χωροχρόνου. Δὲν ἔχουν « τρίχες », συνδετικὰ νήματα μὲ τὸν ἐξωτερικὸ κόσμο, εἶναι μικροσκοπικὰ ἀντικείμενα παρόμοια μὲ μεμονωμένα στοιχειώδη σωματίδια. Ἐξοῦ καὶ ἡ ἀπλότητά τους καὶ ἡ συμμετρία τους.

1. Τὸ *no hair theorem*, κεντρικῆς σημασίας γιὰ τὴ μελέτη τῶν μαύρων ὁπῶν, βρῆκε τὴ διατύπωσή του ἀρχικῶς μὲ τὶς ἐργασίες τοῦ Werner Israel (1967-68), τοῦ Μπράντον Κάρτερ (1970) καὶ τοῦ Στῆβεν Χώκινγκ (1971-72).

"Ὅταν σχηματιστοῦν, οἱ μαῦρες τρύπες εἶναι μυστηριώδεις. Μυστηριώδεις ἐπειδὴ, ἂν ἰδωθοῦν ἀπ' ἔξω, δὲν ἐπιτρέπουν νὰ διαφύγει τίποτε πού θὰ μπορούσε νὰ μαρτυρήσει μὲ ποιὸ τρόπο δημιουργήθηκαν οὔτε ποιὰ ἀντικείμενα παγίδευσαν ἐντὸς τους : ἂν πρόκειται γιὰ σκόνες, νέφη ἀερίων, φεγγάρια ἢ ἄστρα, κοτόπουλα ἢ μάγισσες μὲ τὶς σκουπες τους. Ἀνεπιστρεπτὶ κατὰ τὴ διαδικασία διαμόρφωσής τους ἀπελευθερώνονται ἀπὸ κάθε εἶδους ρυτίδωση ἢ ὁποία θὰ μπορούσε νὰ ἀπειλήσει τὴ συμμετρία τους, ἀκτινοβολώντας βαρυτικὰ κύματα. "Ἐλκουν ἐντὸς τοῦ ὀρίζοντα γεγονότων τους ὁποιαδήποτε δυνατὴ πληροφορία καὶ καθίστανται συμμετρικοὶ κόσμοι κρυμμένης μνήμης.

Ἀλλὰ οἱ μαῦρες τρύπες ὑπάρχουν πραγματικά ; Γιὰ πολὺ καιρὸ πίστευαν ὅτι πρόκειται γιὰ ἀφηρημένα ἀντικείμενα. Ἡ βαρύτητα στὰ ἄστρα ἢ στοὺς γαλαξίες βρίσκει συχνὰ τὴν ἰσορροπία τῆς : τὰ ἄτομα σὲ ἓνα ἄστρο ἢ σὲ ἓνα νέφος, ἢ τὰ ἄστρα σὲ ἓναν γαλαξία, ἀντιμάχονται, μὲ τὶς κινήσεις τους, τὴ βαρύτητα. Παρὰ ταῦτα, μερικὲς φορὲς αὐτὲς οἱ ἰσορροπίες γίνονται ἐξαιρετικὰ λεπτές καὶ στὸ ἄστρο, στὸ νέφος ἢ στὸν γαλαξία δὲν ἀπομένει ἄλλη δυνατότητα ἀπὸ τὸ νὰ καταρρεύσουν μὲ ἱλιγγιώδη ταχύτητα καὶ νὰ μετατραποῦν σὲ μιὰ μαύρη τρύπα. Νά, λοιπὸν, πῶς δημιουργοῦνται οἱ μαῦρες τρύπες, ἀπομεινάρια ἄστρων μὲ μάζα πολὺ μεγαλύτερη τῆς ἡλιακῆς μάζας, λείψανα πυκνῶν ἀστρικῶν συγκεντρώσεων, ὅ,τι ἀπέμεινε ἀπὸ τεράστια νέφη ἀερίων ἢ μάζα τους εἶναι ἴση μὲ τὴ μάζα μερικῶν ἡλίων, ἑκατομμυρίων ἡλίων ἢ ἀκόμη

και δισεκατομμυρίων ήλιων. Στόν κοσμικό μας περίγυρο τις βλέπουμε να σχηματίζουν ζεύγη με άστρα που εκπέμπουν ισχυρούς ανέμους. Αυτοί οι άνεμοι απορροφούνται από τη χωροχρονική δίνη της μαύρης τρύπας και πυρακτώνονται, απελευθερώνοντας, πριν διασχίσουν τον όρίζοντα γεγονότων, έντονότατο φως ακτίνων X. "Αν στρέψουμε το βλέμμα μας σε μακρινούς γαλαξίες, θα ανακαλύψουμε στους πυρήνες τους εξαιρετικά φωτεινές μαύρες τρύπες: άερια, σκόνες και άστρα καθώς ταξιδεύουν προς τον όρίζοντα γεγονότων θερμαίνονται και πυρακτώνονται. Αναφλέγονται εκπέμποντας φως, πριν γλιστρήσουν κατά μήκος των πλευρών του χωροχρόνου και καταβροχθιστούν από τη μαύρη τρύπα. Πού και πού το άεριο ανευρίσκει τρόπους διαφυγής: οδηγούμενο μάλιστα από ισχυρά μαγνητικά πεδία δραπετεύει από την απειλητική δίνη δημιουργώντας ύψηλους φλεγόμενους πίδακες. Πρόκειται για τις ένεργές μαύρες τρύπες, άδηφάγους Μινώταυρους σε γαλαξίες που βρίσκονται σε διαδικασία σχηματισμού, ισχυρούς φάρους του σύμπαντός μας, το οποίο επεκτείνεται. Κατά έναν περίεργο τρόπο, ακόμη και στο κέντρο του δικού μας Γαλαξία κρύβεται άνεργός μία μαύρη τρύπα έκατομμυρίων ήλιων. Φωτεινή κάποτε, σήμερα παρενοχλεί τις κινήσεις των περιέργων άστρων που βλέπουμε να διαγράφουν τις τροχιές τους με μεγάλη ταχύτητα γύρω της.

Συνεπώς οι μαύρες τρύπες είναι μια πραγματικότητα. Δηλαδή οφείλουμε να τις κατανοήσουμε ακόμη βαθύτερα, γιατί σήμερα γνωρίζουμε πώς ένα σωμα-

τίδιο που πέφτει, μόνο μία πορεία μπορεί να ακολουθήσει, από τη στιγμή που θα διασχίσει τον όρίζοντα γεγονότων: την πορεία που οδηγεί σ' εκείνο τον ιδιόμορφο τόπο όπου η καμπυλότητα του χωροχρόνου καθίσταται μαθηματικώς άπειρη. Ός εκ τούτου σωματίδια και φως παγιδεύονται έντός του όρίζοντα γεγονότων με τέτοιο τρόπο που οι τροχιές τους συγκλίνουν μοιραία προς εκείνη τη « μοναδικότητα ».* Το ζήτημα όμως που αφορά τί άντιπροσωπεύει αυτή η μοναδικότητα άποτελεί ακόμη και σήμερα ένα μυστήριο, γιατί δέν είναι όρατή, καθώς βρίσκεται κρυμμένη στο έσωτερικό του όρίζοντα γεγονότων που την τυλίγει, σκεπάζοντάς την. Πώς θα μπορούσαμε να την έρμηνεύσουμε; Ίσως, για να άποφευχθεί ό σχηματισμός της μοναδικότητας, στη μαύρη τρύπα δημιουργείται μία χωροχρονική σήραγγα ή όποία οδηγεί την ύλη σε ένα μπουμπουκιασμένο σύμπαν-φυσαλίδα που βρίσκεται έντός του όρίζοντα γεγονότων. Ίσως ή μοναδικότητα να είναι μόνο μια άφαίρεση και, στην πραγματικότητα, ή ύλη να βρίσκει κάποια δική της ίσορροπία την όποία δέν είμαστε σε θέση να περιγράψουμε. Έντός του όρίζοντα γεγονότων σημειώνονται άκραίες συνθήκες και καταστάσεις, όπου βαρύτητα και σωματίδια ακολουθούν φυσικούς νόμους τούς όποιους

* « Μοναδικότητα », έτσι επιλέξαμε να μεταφράσουμε έδω το άγγλικό "singularity", χωρίς άσφαλώς να λησμονούμε ότι συχνά επιλέγονται και άλλες αποδόσεις του όρου, όπως « άνωβαλία », « ακρότητα », « σημειακή ιδιομορφία ». (Σ.τ.μ.)

προσώρας αγνοούμε. Σχετίζονται με τους νόμους του μικρόκοσμου και του μακρόκοσμου, αλλά δεν συνιστούν έναν απλό συνδυασμό τους.

Τώρα παίρνει τον λόγο ο Στῆβεν Χώκινγκ. Αυτός βάζει το πρώτο λιθαράκι για την ένοποίηση βαρύτητας και κβαντικής φυσικής.

6. Μαύρες τρύπες που εξαχνώνονται

και ο ταραγμένος χώρος του Χώκινγκ

Ο ΧΩΚΙΝΓΚ ΔΙΑΙΣΘΑΝΘΗΚΕ ότι οι μαύρες τρύπες δεν είναι τόσο μαύρες * : εξατμίζονται, έπειδή το κενό πλησίον του όρίζοντα γεγονότων διαταράσσεται από την κβαντική άπροσδιοριστία. "Ας αφήσουμε για λίγο βαρύτητα και μαύρες τρύπες για να καταδυθούμε στον κόσμο των κβάντων, στον χώρο του μικρόκοσμου.

Τί είναι τα «κβάντα»; Είναι αδιαίρετες μονάδες ποσότητας ενός φυσικού μεγέθους. Είναι διακεκριμένες μονάδες ενέργειας ή *spin* (ιδιοστροφορμή), που έχουν τα άτομα και τα σωματίδια και που τις ανταλλάσσουν κατά τις αλληλεπιδράσεις τους. 'Αλλά είναι και σωματίδια όπως τα κβάντα φωτός, τα φωτόνια. Το εκπληκτικό όμως είναι πώς ή φύση είναι ασυνεχής, διακοπτόμενη, και ότι υπάρχουν σωματίδια για την κατασκευή της ύλης, αλλά και σωματίδια για τη

* Στο Χρονικό του χρόνου. 'Από τη Μεγάλη Έκρηξη ως τις μαύρες τρύπες του Στῆβεν Χώκινγκ υπάρχει μάλιστα ένα κεφάλαιο με τον ίδιο ακριβώς τίτλο: «Οι μαύρες τρύπες δεν είναι και τόσο μαύρες», μετάφραση και επιστημονική επιμέλεια Κωνσταντίνος Χάρακας, εισαγωγή στην ελληνική έκδοση Βασίλης Ξανθόπουλος, πρόλογος Carl Sagan, Κάτοπτρο, 1988, σσ. 154-175. (Σ.τ.μ.)

μετάδοση των δυνάμεων. "Όπως τὰ φωτόνια εἶναι οἱ ἀγγελιοφόροι τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς δυνάμης, ἔτσι καὶ τὰ γλιόνια * ἐπιτελοῦν τὸ ἴδιο ἔργο γιὰ τὶς πυρηνικὲς (ἰσχυρὲς) δυνάμεις καὶ τὰ διανυσματικὰ μποζόνια γιὰ τὶς ἀσθενεῖς δυνάμεις. "Υλὴ καὶ δυνάμεις μετατρέπονται σὲ ἀδιαίρετα ἄτομα, σὲ στοιχειώδη σωματίδια, τὰ ὁποῖα βρίσκονται σὲ συνεχὴ ἀλληλεπίδραση καὶ σὲ ἀκατάπαυστες μεταμορφώσεις. Καὶ μέσα σὲ αὐτὴν τὴν τόσο κοικώδη πραγματικότητά, οἱ κινήσεις τῶν σωματιδίων περιγράφονται μὲ ὅρους «κυμάτων πιθανοτήτων».

Στὸν μικρόκοσμο ἀπαντᾷ ἡ κβαντικὴ ἀπροσδιοριστία, σύμφωνα μὲ τὴν ὁποία δὲν εἶναι δυνατόν νὰ γνωρίζουμε ταυτοχρόνως καὶ μὲ ἀπόλυτὴ ἀκρίβεια τὴ θέση καὶ τὴν ταχύτητα ἑνὸς σωματιδίου: αὐτὰ τὰ δύο μεγέθη εἶναι μετρήσιμα, ἀλλὰ μὲ κάποιον βαθμὸ ἀβεβαιότητας. Κάθε σωματίδιο συμπεριφέρεται σὰν ἓνα μικρὸ ἐκκρεμὲς τὸ ὁποῖο μπορεῖ νὰ ταλαντεύεται καί, ὅπως ἡ χορδὴ τοῦ βιολιοῦ, παλλόμενῃ, δημιουργεῖ μίαν ξεχωριστὴ νότα, ἔτσι τὸ σωματίδιο, ταλαντευόμενο, καθορίζει τὸ δικό της ἰδιαιτέρο κβάντο (ποσότητα) ἐνέργειας. Σύμφωνα μὲ τὴν ἀρχὴ τῆς ἀπροσδιοριστίας, τὸ σωματίδιο δὲν μένει ποτὲ ἀκίνητο, μὲ μηδενικὴ ἐνέργεια, γιατί ἂν μείνει ἀκίνητο, τότε θὰ μπόρῃσουμε νὰ γνωρίσουμε μὲ ἀπόλυτὴ ἀκρίβεια τὴ θέση (στὴν κάθετο τοῦ νήματος) καὶ τὴν ταχύτητά του (μηδενική). Νά, λοιπόν, πὺ στὸν κόσμον τῶν κβάντων,

* Γλιόνια ἢ γλιόνια. (Σ.τ.μ.)

κάθε σωματίδιο περιγράφεται ἀπὸ ἓνα «νέφος», ἓνα κύμα πιθανοτήτων, οἱ κορυφὲς τοῦ ὁποῖου δηλώνουν τὶς περιοχὲς ὅπου ὑπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα νὰ βρίσκεται, καὶ οἱ δονήσεις τοῦ ὁποῖου ἐντοπίζουν τὰ κβάντα ἐνέργειας. Στὸν μικρόκοσμον δὲν ὑπάρχουν «παύσεις» στὶς κινήσεις τῶν σωματιδίων καὶ ἡ ἐνέργειά τους πραγματοποιεῖ διακεκριμένα ἄλματα, δηλαδή ἀσυνεχῆ.

"Αν θέση καὶ ταχύτητα γίνονται θολὲς μεταβλητές, δηλαδή καθίστανται ἀβέβαιες λόγω τῆς ἀπροσδιοριστίας¹, εἶναι δυνατόν αὐτὴ ἡ ἀσάφεια νὰ ἀπειλήσει τὴν ἀναστρέψιμη ἐξέλιξη τοῦ σωματιδίου; Στὸν μικρόκοσμον εἶναι τὸ νέφος πιθανοτήτων ἐκεῖνο πὺ παίρνει τὴ θέση τοῦ ἴδιου τοῦ σωματιδίου, γιὰ νὰ περιγράψει τὴν ἱστορία του: στὸν χρόνον αὐτὸ ἀκολουθεῖ μίαν πορεία μονόσημη καὶ διατρέξιμη, ἂν ἀντιστραφεῖ ἡ κίνηση, ἔτσι ὥστε νὰ μὴ χάνεται ἡ μνήμη.

Στὸν κόσμον τῶν κβάντων, ἡ ἀρχὴ τῆς ἀπροσδιοριστίας καθιστᾷ τὸ «κενὸ» παλλόμενο καὶ ταραγμένο, ὅπως ἐκκωφαντικὴ καὶ ταραγμένη εἶναι ἡ σιωπὴ τῆς ἐρήμου, ὅπου ἀνεπαίσθητοι ἤχοι ἀναδίδονται ἀπὸ τὶς διακυμάνσεις τοῦ ἀέρα πὺ χτυπᾷ καὶ γλιστρᾷ στοὺς ἀμμόλοφους. 'Ο κενὸς χώρος, τὸ *vacuum*, μπορεῖ νὰ εἶναι πραγματικὰ κενός; 'Η κβαντικὴ ἀπροσδιοριστία ἀπαγορεύει κάτι τέτοιο. Στὸ κενὸ ἡ ἐνέργεια

1. Θέση καὶ ταχύτητα ἀποκοτῶν εὐκρίνεια μόνο σὲ μακροσκοπικὴ κλίμακα, ὅπου ἡ σύλληψη τῆς πραγματικότητος διαμεσολαβεῖται καὶ οἱ ταλαντώσεις δὲν γίνονται ὁρατές.

χαρακτηρίζεται από διακυμάνσεις και σε αυτό κρύβονται ζεύγη σωματιδίων « εικονικών », γιατί δεν γίνονται αντιληπτά από τους ανιχνευτές μας. Πρόκειται για ζεύγη φωτονίων, ηλεκτρονίων και ποζιτρονίων, πρωτονίων και αντιπρωτονίων· σε γενικές γραμμές πρόκειται για σωματίδια και αντισωματίδια τα οποία εμφανίζονται συγχρόνως στο αυτό σημείο του χώρου. Γεννιούνται από το κενό για άπειροστό χρονικό διάστημα και στη συνέχεια εκμηδενίζονται, εξαφανίζονται σαν σκιές-φως σε μια διαδικασία συνεχούς δημιουργίας και διάλειψης. Σε όρισμένους τόπους όμως μπορούν να γίνουν πραγματικά, αληθινά φωτόνια ή αληθινά σωματίδια. Όταν δημιουργηθούν, πρόκειται για « συσχετισμένα » ή « πεπλεγμένα σωματίδια » (σωματίδια *entangled*) *, ειδικά σωματίδια, γιατί δεν χαρακτηρίζονται από δύο διακριτά νέφη πιθανοτήτων, αλλά από ένα μόνο νέφος, έναϊο και αδιαίρετο, το οποίο περικλείει εντός του το μυστήριο σχετικά με το ποῦ ανήκουν αυτά. Φαίνεται πώς αυτό το νέφος περικλείει εντός του έναν ακατάλυτο συσχετισμό ο οποίος διατηρείται στον χρόνο και παραμένει συνεπής στον χώρο.¹

Ο Χώκινγκ σκέφτηκε τις διακυμάνσεις του κβαν-

* Ο όρος “quantum entanglement”, στον οποίο γίνεται εκτενέστερη αναφορά παρακάτω, αποδίδεται συνήθως ως « κβαντικός συσχετισμός » ή « κβαντική διεμπλοκή ». (Σ.τ.μ.)

1. Αυτή η ιδιότητα θα διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στη δυνατή επίλυση του παραδόξου της χαμένης πληροφορίας.

τικού κενού στις παρυφές του ορίζοντα γεγονότων μιᾶς μαύρης τρύπας. Κατανόησε τον τρόπο με τον οποίο εικονικά ζεύγη φωτονίων γίνονται πραγματικά και αντιλήφθηκε πώς ή ίδια ή μαύρη τρύπα τους παρέχει την ενέργεια για να υπάρχουν, καθώς, όπου ο χωροχρόνος είναι καμπύλος, στις κολπώσεις του περικλείεται ενέργεια. Όταν δημιουργηθούν, τα δύο φωτόνια ακολουθούν ξεχωριστές διαδρομές: ενώ το ένα κατευθύνεται προς τον ορίζοντα γεγονότων, το άλλο διαφεύγει προς άπειρες αποστάσεις, έτσι που να δημιουργεί την αίσθηση ότι εκπέμπεται από τη μαύρη τρύπα. Η μαύρη τρύπα μεταμορφώνεται σε μια φωτοβόλα σφαίρα. Αυτή είναι η ακτινοβολία Χώκινγκ, ή οποία έλκει την ενέργειά της από τη μάζα της ίδιας της μαύρης τρύπας.

Ο Χώκινγκ διαισθάνθηκε πώς ή μαύρη τρύπα εξατμίζεται αργά· στην πορεία του χρόνου, σε ένα κρεσέντο φωτεινότητας, εξασθενεί, σταδιακά εξατμίζεται. Δεν υπάρχει τίποτε που να αναχαιτίζει τη διαδικασία μεταμόρφωσής της σε φως μέχρι τη στιγμή της διάλυσης και της εξαφάνισής της: ο ορίζοντας γεγονότων της φαίνεται να ανοίγει ελαφρώς και εκείνη ή μυστηριώδης μοναδικότητα εξαφανίζεται, δίχως να αφήνει πίσω της το παραμικρό ίχνος.

Αυτό που κρύβει στο έσωτερό του ο ορίζοντας γεγονότων θα αποκαλυφθεί ποτέ κατά τη διαδικασία της εξάτμισης; Θα κομίσει το φως του Χώκινγκ μνημες σχετικά με την ιστορία σχηματισμού της μαύρης τρύπας;

7. Τὸ παράδοξο τῆς χαμένης πληροφορίας

...ἔτσι κι οἱ πύργοι πὺν ἀγγίζονε τὰ σύννεφα, τὰ ὑπέροχα παλάτια, οἱ ἄχραντοι ναοί, κι αὐτὴ ἡ ἴδια ἡ τεράστια σφαῖρα κι ὅσα εἶν' ἀπάνω της, ναί, ὅλα θὰ διαλυθοῦν, καὶ ὅπως ἐξαφανίστηκε αὐτὸ τὸ ἄνλο θέαμα, θὰ σβήσουν ὅλα καὶ δὲ θὰ μείνει οὔτε ἵχνος τους.

ΟΥΙΛΙΑΜ ΣΑΙΞΠΗΡ, *Ἡ τρικυμία* *

ΤΟ ΦΩΣ ΠΟΥ ΕΚΠΕΜΠΕΤΑΙ κοντὰ στὸν ὀρίζοντα γεγονότων τῆς μαύρης τρύπας, σύμφωνα μὲ τοὺς ὑπολογισμοὺς τοῦ Χώκινγκ, εἶναι διάφανο. Δὲν φαίνεται νὰ μεταφέρει μαζί του κάποιο ἰσχνὸ στοιχεῖο πὺν νὰ ἀποκαλύπτει ὅ,τι βρίσκεται κλεισμένο ἐντὸς τοῦ ὀρίζοντα γεγονότων. Ἀπὸ τὴ μαύρη τρύπα πὺν τὸ γέννησε θυμίζει μόνο τὴ μάζα καὶ τίποτε ἄλλο.

Ἡ μαύρη τρύπα ἐκπέμπει θερμικὴ ἀκτινοβολία καί, κατὰ τὴ διαδικασία τῆς προοδευτικῆς ἐξάτμισής της, γίνεται σιγὰ σιγὰ πιὸ θερμὴ, διάπυρη, μέχρι τὴ στιγμή πὺν ἐξαφανίζεται σὲ μιὰ ζωηρὴ λάμψη ἀκτινοβολίας γάμμα. Ἐντὸς τοῦ ὀρίζοντα γεγονότων δὲν ὑφίσταται πλέον οὔτε ὕλη οὔτε ἐνέργεια : ὁ ἴδιος ὁ ὀρίζοντας γεγονότων ἐξατμίζεται.

* Οὐίλλιαμ Σαίξπηρ, *Ἡ τρικυμία*, Πρόσπερος, Τέταρτη Πράξη, μετάφραση Ἑρρίκος Μπελιές, Κέδρος, 2000, σ. 90. (Σ.τ.μ.)

Ἄν κατὰ τὴ διάρκεια αὐτῆς τῆς ἐξάχνωσης ἡ πληροφορία μπορεῖ νὰ παραμένει κρυμμένη στὴ μαύρη τρύπα, ὥστόσο, ἀπὸ τὴν ἄλλη πλευρά, εἶναι καταδικασμένη νὰ ἐξαφανιστεῖ, νὰ ἐξατμιστεῖ ὀριστικά. Δὲν διατηρεῖται μνήμη τῆς μαύρης τρύπας καὶ τῆς ἱστορίας σχηματισμοῦ της. Δὲν μπορούμε νὰ διακρίνουμε ἂν ἡ μαύρη τρύπα σχηματίστηκε ἀπὸ τὴν κατάρρευση νεφῶν ἀερίων, ἀπὸ σωματίδια ἢ ἄστρα, ἀπὸ πούπουλα ἢ πέτρες. Συνεπῶς δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωση ὅτι στὸ σύμπαν οἱ μαῦρες τρύπες ἐξατμίζονται κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο, παραμένοντας ταυτόσημες μεταξύ τους μέχρι τὴν ἀναπόφευκτη ἐξαφάνισή τους. Δὲν φαίνεται νὰ ὑπάρχουν νήματα (*no hair*) μὲ τὰ ὁποῖα νὰ συνδέονται μὲ τὸν κόσμον ἀκόμη καὶ ὅταν πρόκειται γιὰ τὸ φῶς πὺν ἐκπέμπεται. Κατὰ τὴν ἐξάτμιση, διαφορετικὲς διεργασίες σχηματισμοῦ ἐπιστρέφουν ἀκτινοβολία δίχως μνήμη.

Δὲν ὑφίσταται πλέον συμμετρία μεταξύ τῆς « γέννησης » καὶ τῆς « ἀποσύνθεσης ». Ἄν ἀντιστρέψουμε τὸ βέλος τοῦ χρόνου, προκειμένου νὰ παρατηρήσουμε τὸ φῶς τῆς ἐξάτμισης νὰ ἀνασυντίθεται στὸν ὀρίζοντα γεγονότων, ξαναδίνοντας στὴ μαύρη τρύπα τὴ μάζα πὺν τῆς εἶχε ἀφαιρεθεῖ, καὶ ἂν πᾶμε ἀκόμη παραπίσω στὸ πιὸ μακρινὸ παρελθὸν γιὰ νὰ παρατηρήσουμε τὴ δημιουργία τῆς μαύρης τρύπας, δὲν θὰ ἔχουμε κανένα στοιχεῖο ἱκανὸ νὰ μᾶς ἐπιτρέψει νὰ γνωρίσουμε τὴ μοναδικὴ πορεία σχηματισμοῦ της. Τὸ παιχνίδι τῆς μνήμης δὲν ἀποδίδει καρπούς, καθὼς ὁδηγεῖται σὲ ἀδιέξοδο, ἢ « αἰτιώδης » ἀλληλουχία τῶν

γεγονότων έκμηδενίζεται. Αυτό ακριβώς είναι τὸ παράδοξο.¹ Βαρύτητα καὶ κβαντική φυσική συνδυάζονται στὸν ὀρίζοντα γεγονότων μιᾶς μαύρης τρύπας πού βρίσκεται σὲ φάση ἐξάχνωσης, προκειμένου νὰ παραβιάσουν τὴν ἀρχὴ τῆς ἀναστρεψιμότητας ἢ ὁποία εἶναι ἐγγενὴς στὰ ἀξιώματά τους, σὲ ὅσους νόμους τοὺς ἀναγνωρίζουμε ὡς θεμελιώδεις νόμους τῆς φύσης.

Πῶς νὰ ἐπιλύσουμε λοιπὸν αὐτὸ τὸ παράδοξο; Πιστεύοντας ὅτι μὲ τὴν ἀποκάλυψη τῆς ἀκτινοβολίας πού εκπέμπουν οἱ πραγματικὲς μαῦρες τρύπες θὰ μπορέσουμε νὰ παρατηρήσουμε τὴν ἀληθινὴ φύση τους. Ὡστόσο ἔχουμε νὰ κάνουμε μὲ μιὰ μακρινὴ πιθανότητα. Στὸ σύμπαν, οἱ μαῦρες τρύπες, στὸ κέντρο μακρινῶν γαλαξιδῶν, ἔχουν τόσο πυκνὴ μάζα πού ἐξατμίζονται

1. Ὁ Χώκινγκ μᾶς ὁδηγεῖ στὸ παράδοξο ὑποθέτοντας ὅτι στέλνουμε πρὸς τὸν ὀρίζοντα γεγονότων μιᾶς ἤδη σχηματισμένης μαύρης τρύπας μερικὰ σωματίδια, σὲ «καθαρὲς κβαντικὲς καταστάσεις», οἱ ὁποῖες χαρακτηρίζονται ἀπὸ μιὰ εἰδικὴ συνάρτηση (νέφος) πιθανοτήτων. Κατόπιν παρατηρεῖ τὴ μαύρη τρύπα, καθὼς ἐξατμίζεται μὲ ἀργὸ ρυθμὸ. Ἀκολουθώντας τὴν ἐνιαία (ἀναστρεψίμη) ἐξέλιξη πού ὑπαγορεύουν οἱ νόμοι τῆς κβαντικῆς φυσικῆς, ἀνακαλύπτει ὅτι ἡ συνάρτηση πιθανοτήτων τῶν ἐξατμιζόμενων σωματιδίων ἔχει μεταβληθεῖ: τώρα βρίσκεται μὲ τὴ μορφή μιᾶς «μεικτῆς» κβαντικῆς κατάστασης. Ὁ Χώκινγκ παρατηρεῖ ὅτι ἡ μαύρη τρύπα μετέτρεψε μιὰ καθαρή κατάσταση (μὲ μνήμη) σὲ μιὰ μεικτὴ κατάσταση (ἄνευ μνήμης): συνεπῶς, ἡ ἀναστρεψιμότητα μεταξὺ ἀρχικῆς καὶ τελικῆς κατάστασης παραβιάστηκε καὶ ἡ πληροφορία δὲν διασπάθηκε, ἀλλὰ καταστράφηκε.

μόνο πολὺ ἀργά, ἐκπέμποντας ἓνα ψυχρὸ καὶ ἀδύναμο φῶς πού δὲν γίνεται ἀντιληπτὸ ἀπὸ τοὺς ἀνιχνευτές μας: αὐτὸ τὸ φῶς ἐξασθενεῖ ὀλοένα περισσότερο, διασκορπίζεται στὴν ἀκτινοβολία πού διαπερνᾷ τὸ σύμπαν, δίχως νὰ ἀφήσει κάποιο παρατηρήσιμο ἴχνος.

Ἐπομένως, δὲν ἀπομένει παρὰ ἡ θεωρητικὴ διερεύνηση. Ἴσως ἡ ἐπίλυση τοῦ παραδόξου νὰ συνίσταται στὴν εἰσαγωγὴ ἑνὸς διαφορετικοῦ ἐπιπέδου ἀπροσδιοριστίας στοὺς θεμελιώδεις νόμους πού κυβερνοῦν τὴ φυσικὴ πραγματικότητα, ἐγκαταλείποντας ὀριστικὰ τὴν ἀναστρεψιμότητα. Σύμφωνα μὲ τὸν Χώκινγκ καὶ τὸν Θόρν, εἶναι δυνατόν νὰ ἀκολουθήσουμε αὐτὸν τὸν δρόμο, ἀλλὰ μιὰ παρόμοια ἐπιλογὴ θὰ συνεπαγόταν τὴν ἀπώλεια μνήμης σὲ μικροσκοπικὸ, στοιχειῶδες ἐπίπεδο, καταστρέφοντας ἔτσι τὶς ἁρμονίες πού μερικὲς φορές παρατηροῦμε τόσο στὸν μικρόκοσμο ὅσο καὶ στὸν μακρόκοσμο, καὶ οἱ ὁποῖες ἀποτελοῦν τὴ βάση τῆς γνώσης μας. Ἐνδέχεται ἐξαιτίας αὐτῆς τῆς νέας ἀρχῆς νὰ περιέλθουμε σὲ μιὰ κατάσταση σύγχυσης καὶ ἀμηχανίας, σὲ ἓνα εἶδος κοσμικοῦ ἄγχους, μὲ ριζικὲς συνέπειες, τὶς ὁποῖες αὐτὴ τὴ στιγμὴ δὲν εἴμαστε ἀκόμη ἀπολύτως ἔτοιμοι νὰ διακρίνουμε.

Ποιὲς εἶναι λοιπὸν οἱ ὁδοὶ πού ἀπομένουν καὶ μποροῦμε νὰ τὶς διατρέξουμε; Ἴσως ἡ πληροφορία νὰ περικλείεται, χωρὶς ὅμως νὰ εἴμαστε σὲ θέση νὰ τὴ «διαβάσουμε», σὲ ἓνα μικροσκοπικὸ, στεῖρο, ἄμορφο ἀπομεινάρει, τυλιγμένο ἀπὸ ἓναν ὀρίζοντα γεγονότων. Ἴσως, ὅπως φαντάζεται ὁ Χώκινγκ, ἔρρευσε σὲ ἓνα μπουμπουκιασμένο σύμπαν-φυσαλίδα ἐντὸς τῆς

μοναδικότητας, σὲ ἓναν κόσμο ἀπροσπέλαστο σὲ ἐ-
μᾶς. Πρόκειται γιὰ δυνατότητες ποὺ μοιάζουν περισ-
σότερο μὲ παρακαμπτηρίους, μὲ μὴ λύσεις. Ἴσως ἢ
ἀκτινοβολία ποὺ ἐκπέμπεται κατὰ τὴν ἐξάτμιση νὰ
μεταφέρει μαζί της κάποιο βαθὺ καὶ περίπλοκο χνάρι
τῆς ἱστορίας τοῦ σχηματισμοῦ τὸ ὁποῖο δὲν ὑπολογί-
σαμε. Δὲν ἔχουμε νὰ κάνουμε πλέον μὲ διάφανο φῶς,
ἀλλὰ μὲ φῶς γεμάτο σήματα καὶ ἐνδείξεις, λεπτοὺς
συσχετισμοὺς μεταξὺ τῶν διαφόρων κβάντων φωτός.
Κατὰ βάθος ἀκόμη δὲν κβαντοποιήσαμε τὴ βαρύτη-
τα! Ἀκόμη καὶ ὁ χωροχρόνος χαρακτηρίζεται ἀπὸ
διακυμάνσεις οἱ ὁποῖες ὀφείλονται στὴν κβαντικὴ ἀ-
προσδιοριστία. Αὐτὸς εἶναι ὁ δρόμος ποὺ ὀφείλουμε
νὰ ἀκολουθήσουμε. Μένει ὅμως πρῶτα νὰ ἀνακαλύ-
ψουμε ἓνα τελευταῖο μυστήριο σχετικά μὲ τὶς μαῦρες
τρύπες, ἐν μέρει ἀκατανόητο. Ὁ λόγος γιὰ τὸ μυστή-
ριο τῆς ἐντροπίας.

8. Μυστηριώδης ἐντροπία

ΟΤΖΕΗΚΟΜΠ ΜΠΕΚΕΝΣΤΑΪΝ καὶ ὁ Στῆβεν Χώ-
κινγκ ἀνακάλυψαν πὼς οἱ μαῦρες τρύπες ἔχουν
μιὰ ἄλλη ιδιοτροπία. Ἔχουν «ἐντροπία», τὴ μεγαλύ-
τερη δυνατὴ ἐντροπία ποὺ μπορεῖ νὰ ἀπαντήσῃ στὴ
φύση. Ἡ ἐντροπία ἀποκαλύπτει τὴν πολυπλοκότητα
μιᾶς μαύρης τρύπας – πολυπλοκότητα ποὺ κρύβεται
πίσω ἀπὸ τὸ παραπέτασμα τοῦ ὀρίζοντα γεγονότων.

Στὴ θερμοδυναμικὴ, ἡ ἐντροπία¹ περιγράφει μιὰ
σημαντικὴ ιδιότητα τῶν συστημάτων ποὺ ἀπαρτίζον-
ται ἀπὸ πάρα πολλὰ σωματίδια, εἴτε εἶναι ἄτομα εἴτε
εἶναι μόρια εἴτε πρόκειται γιὰ ἄστρα. Μετρᾷ τὸν ἀ-
ριθμὸ ὅλων τῶν δυνατῶν μικροσκοπικῶν καταστάσε-
ων ποὺ ἀφήνουν ἀμετάβλητες τὶς ὀλικές ιδιότητες τοῦ
συστήματος. Οἱ κινήσεις τῶν μεμονωμένων ἀτόμων ἢ

1. Ἡ ἐντροπία, στὴν πιὸ κοινὴ τῆς ἐκφάνση, εἶναι συνώνυ-
μη τῆς ἀταξίας. Πράγματι, ἡ ἄτακτη διαμόρφωση ἐνὸς συστή-
ματος ἀντικειμένων μπορεῖ νὰ πραγματοποιηθεῖ μὲ πολλα-
πλοὺς συνδυασμοὺς, ἐνῶ γνωρίζουμε ὅτι ὑπάρχει μόνον ἓνας πε-
ριορισμένος ἀριθμὸς ἐπιλογῶν γιὰ νὰ διατάξουμε τὰ ἀντικεί-
μενα μὲ τέτοιο τρόπο ὥστε τὸ σύστημα νὰ μᾶς φαίνεται ὀργα-
νωμένο. Αὕτῃ ἡ ἀντιστοιχία μεταξὺ ἀταξίας καὶ ἀριθμοῦ ὑλο-
ποιήσεων τῆς κατάστασης ἐνὸς συστήματος βρίσκεται στὴ βάρ-
ση τῆς θερμοδυναμικῆς ἔννοιας τῆς ἐντροπίας.

τῶν μεμονωμένων ἄστρον πλέκονται μεταξύ τους σὲ τέτοιο βαθμὸ ὥστε νὰ διαγράφουν τροχιές, σὲ ἓνα ἄεριο ἢ σὲ ἓναν γαλαξία, οἱ ὁποῖες ἀφήνουν ἀναλλοίωτη τὴ μακροσκοπικὴ εἰκόνα τοῦ συστήματος.

Τί ἀντιπροσωπεύει ἡ ἐντροπία μιᾶς μαύρης τρύπας; Ἀκόμη δὲν τὸ γνωρίζουμε μὲ σαφήνεια: πρόκειται γιὰ ἓνα μέγεθος τὸ ὁποῖο συνδέεται μὲ τὶς κβαντικὲς διακυμάνσεις τοῦ κενοῦ στὸν ὀρίζοντα γεγονότων. Περικλείει καὶ συνδυάζει ἔννοιες τῆς βαρύτητας καὶ τῶν κβάντων, τὶς ὁποῖες σήμερα κατανοοῦμε μόνο ἐν μέρει. Ἡ ἐντροπία μετρᾷ τὸν ἀριθμὸ τῶν μικροκαταστάσεων ἀπὸ τὶς ὁποῖες ἀποτελεῖται ἡ μαύρη τρύπα καὶ ποὺ περιέχουν πληροφορία σχετικὴ μὲ τὴν πορεία σχηματισμοῦ της. Κατὰ πάσα πιθανότητα, ἐκφράζει τὴν πληροφορία ποὺ περιέχει ἡ μαύρη τρύπα, πληροφορία ἡ ὁποία εἶναι ἀπροσπέλαστη σὲ ἓναν ἐξωτερικὸ παρατηρητὴ καὶ ἡ ὁποία θὰ χανόταν ἀνεπιστρεπτί ἂν ἡ ἀκτινοβολία τοῦ Χώκινγκ ἦταν πράγματι διάφανη, δίχως μνήμη.

Ἡ ἐντροπία μιᾶς μαύρης τρύπας εἶναι τεράστια, μεγαλώνει μὲ τὴν αὔξηση τῆς μάζας της καί, περιέργως, διακρίνεται ἀπὸ μιὰ ἰδιοτροπία: εἶναι ἀνάλογη τοῦ ἐμβαδοῦ τοῦ ὀρίζοντα γεγονότων καὶ ὄχι τοῦ ὄγκου του, ὡς ἐὰν ἡ πληροφορία ποὺ κλείνει ἐντὸς της ἡ μαύρη τρύπα νὰ κωδικοποιοῦνταν στὴν ἐπιφάνειά της. Ὁ ὀρίζοντας γεγονότων γίνεται λοιπὸν ὁ καθρέφτης, τὸ ὁλόγραμμα, ἐκείνου ποὺ διαφυλάττει. Ὁ ὑπολογισμὸς τῆς ἐντροπίας φαίνεται συνεπῶς νὰ μᾶς ὀδηγεῖ στὰ ἀρχικὰ στοιχεῖα τοῦ ἴστοῦ τοῦ χωροχρό-

νου, ἀποδεικνύοντάς μας ὅτι ὁ ὀρίζοντας γεγονότων μοιάζει μὲ ἓνα ψηφιδωτὸ ἀποτελούμενο ἀπὸ ἐξαιρετικὰ μικρὲς ψηφίδες, θυλάκους ὅπου βρίσκεται κατὰ χωνιασμένη ἢ πληροφορία: διαθέτουν τὸ ἐλάχιστο βασικὸ ἐμβαδόν, ἀντιπροσωπεύουν τὸ στοιχειῶδες κβάντο χωροχρόνου. Ὁ ὑπολογισμὸς τῆς ἐντροπίας φαίνεται νὰ μαρτυρᾷ τὴν ὑπαρξὴ ἐνὸς βαθύτατου δεσμοῦ μεταξὺ πληροφορίας καὶ χωροχρόνου, ὁ ὁποῖος κατέστη ἀσυνεχῆς ἐξαιτίας τῆς κβαντικῆς ἀπροσδιοριστίας. Κατὰ συνέπεια, εἶναι δυνατόν τὸ φῶς τῆς ἐξάτμισης νὰ μεταφέρει μαζὶ τοῦ πληροφορία, τὴν ὁποία ἔχει ἀποσπάσει ἀπὸ τοὺς θυλάκους-ψηφίδες τοῦ ψηφιδωτοῦ, ἔτσι ὥστε νὰ ἀποδίδει ἐκ νέου στὸν χρόνο μνῆμες-πληροφορίες τῆς διαδικασίας σχηματισμοῦ τῆς μαύρης τρύπας;

Ἡ μαύρη τρύπα καὶ ἡ ἱστορία τῆς ἐξάτμισής της μοιάζουν μὲ μιὰ μπερδεμένη καὶ ἀκατάστατη μουσικὴ παρτιτούρα. Σὰν νὰ φανταζόμασταν τὴν παρτιτούρα τοῦ Μαγικοῦ αὐλοῦ καὶ τὶς νότες του, διατεταγμένες σὲ « μπατοῦτες » οἱ ὁποῖες περικλείουν, σὲ πεπερασμένα χρονικὰ διαστήματα, τὰ ἀρχικὰ στοιχεῖα τοῦ μουσικοῦ ἴστοῦ, τοῦ ἀρμονικοῦ λόγου τοῦ ἔργου. Στὴν παρτιτούρα ὑπάρχει τάξη, ἔτσι ὥστε, ἐκτελώντας τη, νὰ ἀναδεικνύεται ὁλόκληρο τὸ μουσικὸ ταξίδι. Παρὰ ταῦτα, ἂν περάσει ἀπὸ τὸ μυαλό μας νὰ τὴν ἀποσυνθέσουμε, θρυμματίζοντάς τη σὲ μπατοῦτες οἱ ὁποῖες δὲν ἔχουν καμιὰ ὀργάνωση, τὸ μόνο ποὺ θὰ ἀπέμεινε ἀπὸ τὸ μουσικὸ βιβλίο θὰ ἦταν τὸ βάρος του. Θὰ μπορούσαμε λοιπὸν νὰ ἀναρωτηθοῦμε ἂν, σ' αὐτὴν τὴν

ἀσύνδετη τώρα πιά παρτιτούρα, ὑπάρχει κάποιο ἴχνος τῆς ἱστορίας πού τὸ ἔργο μᾶς ἀφηγεῖται. Ἐκτελώνοντας ἀφηρημένα αὐτὴ τὴν μπερδεμένη μουσική, θὰ ἀνακαλύψουμε μόνο θραύσματα ἀρμονίας. Ὡστόσο, ἂν εἴχαμε «ἀποσυναρμολογήσει» τὴν παρτιτούρα μὲ μεγαλύτερη ἐπιμέλεια, διατηρώντας κάποια ἴχνη τοῦ τρόπου μὲ τὸν ὁποῖο ἀποσυντέθηκε, ὀρίζοντας ἓναν κώδικα κατὰ τμησης, τότε θὰ εἴχαμε ὅλα τὰ στοιχεῖα γιὰ νὰ ἀνακτήσουμε καὶ πάλι, μολονότι κοπιαστικά, τὴ μουσικὴ ἱστορία στὴν ὁλότητά της. Οἱ νότες κάθε ξεχωριστῆς μπατούτας θὰ συσχετίζονταν μὲ λεπτότητα καὶ βάθος μὲ τὶς νότες πού χαρακτηρίζουν τὶς κοντινὲς μουσικὲς μπατούτες : συνθέτοντας τὶς διαφορὲς φωνὲς τοῦ μέλους, τῶν πνευστῶν, τῶν ἐγχόρδων καὶ τοῦ *glockenspiel* θὰ φτάναμε σὲ ἓνα σημεῖο ἀπὸ ὅπου θὰ μπορούσαμε νὰ ἀνασυνθέσουμε τὸ ταξίδι. Οἱ πρῶτες ἀρμονίες πού θὰ βρῖσκαμε θὰ ἦταν ἐκεῖνες οἱ μοναχικὲς, πλήρεις καὶ ἀπομονωμένες νότες, μελωδίες κλεισμένες σὲ ἐλάχιστες μπατούτες, οἱ ὁποῖες μερικὲς φορὲς καθιστοῦν τόσο θαυμάσιο τὸ τραγούδι σμα μιᾶς ἄριας.

Μποροῦμε νὰ φανταστοῦμε ὅτι σὲ αὐτὴ τὴν ἱλιγγιώδη πορεία, στὸ ἐσωτερικὸ τῆς μαύρης τρύπας ἢ ὕλη θρυμματίζεται σὲ σωματίδια, καταφέροντας νὰ κωδικοποιήσῃ τὶς ιδιότητές της σὲ στοιχειώδεις θυλάκους χωροχρόνου, θυλάκους πού ἀντανακλῶνται στὸν ὀρίζοντα γεγονότων. Νά, λοιπόν, πού κατὰ τὴν ἐξάτμιση τὸ φῶς διαφεύγει μεταφέροντας στὰ κβάντα του, πού μοιάζουν μὲ μουσικὲς μπατούτες, λεπτοὺς

καὶ περίπλοκους συσχετισμοὺς ἀπὸ τοὺς ὁποῖους μποροῦμε νὰ συναγάγουμε, στὸν χρόνο, ὁλόκληρη τὴν ἱστορία.

9. Κυμαινόμενος χωροχρόνος και κβαντική βαρύτητα

...Στήν πραγματικότητα, ο χώρος στον οποίο κινούμασταν ήταν έντελως δαντελωτός και διάτρητος, με όβελίσκους και αετώματα που ακτινοβολούσαν από παντού, με τρούλους και κολονάκια και περιστέλια, με δίλοβα και τρίλοβα παράθυρα και ρόδακες, και ενώ εμείς πιστεύαμε πως πέφταμε ίσια κάτω, στην πραγματικότητα διατρέχαμε ξυστά άορατα σκαλίσματα και διαζώματα...

ITALO CALVINO, *Le cosmicomiche* *

Ο ΑΡΧΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ της θερμικής ακτινοβολίας Χώκινγκ φαντάζει ήμιτελής, γιατί μόνο στο κενό –στο ηλεκτρομαγνητικό κενό– είναι επιτρεπτό να παρουσιάζει διακυμάνσεις, μετατρέποντας τη γεωμετρία του χωροχρόνου σε μια άδρανή παρατηρήτρια της διαδικασίας εξάτμισης. Σε μια ολοκληρωμένη θεωρία, ακόμη και ο χωροχρόνος διαταράσσεται από την κβαντική άπροσδιοριστία: αυτή είναι η κβαντική βαρύτητα. Δεν υπάρχει εργαλείο τόσο ισχυρό που να μας αποκαλύπτει την αληθινή φύση του χωρο-

χρόνου, ικανό να απελευθερώσει τη δομή του, ή οποία παραμορφώνεται από την άπροσδιοριστία. Πτυχώσεις, σήραγγες, βάραθρα, τρύπες, γέφυρες, παρακαμπτήριες που δημιουργούνται και αποσυντίθενται άκατάπαυστα, θα χαρακτηρίζαν την πραγματική στοιχειώδη, άσυνεχη ύφή του χωροχρόνου. Αυτές οι διακυμάνσεις θα μπορούσαν μάλιστα να μεγαλώσουν σε τέτοιο βαθμό ώστε να αλλοιώσουν την καμπυλότητα του χωροχρόνου σε έκτενεις περιοχές, επιτρέποντας τον σχηματισμό χωροχρονικών κυκλωμάτων όπου θα ήταν έφικτο να εισέλθουμε για να εξερευνήσουμε, όπως συμβαίνει σε ένα ταξίδι, το παρελθόν.

Η κβαντική βαρύτητα μάς ζητά να παραιτηθούμε από την ιδέα ενός συνεχούς χωροχρόνου όπου σημεία ενώνονται για να φέρουν στο φως γραμμές, γραμμές σε έμβαδά, έμβαδά σε όγκους. Η αρχή της άπροσδιοριστίας, όπως ακριβώς έμποδίζει την απόλυτη και ταυτόχρονη μέτρηση της ταχύτητας και της θέσης ενός σωματιδίου, έτσι τώρα απαγορεύει τη μέτρηση του ίδιου του χρόνου και του ίδιου του χώρου. Έπαγορεύει μετρήσεις του χώρου και του χρόνου που να χαρακτηρίζονται από μια έσωτερική άβεβαιότητα. Απαιτεί την ύπαρξη στοιχειωδών θυλάκων για τον χώρο και ελάχιστα διαλείμματα για τον χρόνο, δηλαδή κβάντα χωροχρόνου, για να δημιουργήσει τις ψηφίδες ενός ψηφιδωτού από το οποίο θα εκκινήσουμε προκειμένου να σχεδιάσουμε την αληθινή γεωμετρία του κόσμου. Δίνεται ή εντύπωση ότι ή άπροσδιοριστία έπιθυμεί επίσης να απαγορεύσει τον σχηματισμό εκείνης της

* Ιταλο Καλβίνο, *Τα κοσμικομικά, μετάφραση Άνταϊος Χρυσοστομίδης, Άσάρτη, 1986. Το απόσπασμα, έλαφρώς τροποποιημένο έδω, βρίσκεται στη σ. 149. (Σ.τ.μ.)*

μοναδικότητας, ή οποία κρύβεται πίσω από τον όριζοντα γεγονότων μιᾶς μαύρης τρύπας, όπου η καμπυλότητα του χωροχρόνου καθίσταται μαθηματικῶς ἀπειρη. Ὁ ἀσυνεχῆς χωροχρόνος συγκεντρώνει στους θυλάκους του ἐνέργεια, φῶς καὶ ὕλη τὰ ὁποῖα βρίσκουν τὴ δική τους ἰσορροπία, ἐκείνη πού ἐμεῖς εἴμαστε ἀνίκανοι νὰ περιγράψουμε ἀκόμη.

Ἡ κοκκώδης φύση τοῦ χωροχρόνου εἶναι ἀθέατη σ' ἐμᾶς, καθὼς ἐκδηλώνεται σὲ μιὰ κλίμακα τὴν ὁποία περιγράφουμε μὲ τὸν ὅρο « κλίμακα τοῦ ὑπερμικροσκοπικοῦ ». Σὲ αὐτὸν τὸν κόσμο, πού μὲ τόση δεξιότητα καὶ κομψότητα κατασκευάστηκε σὲ ἀπειροστά μεγέθη καὶ τὸν ὁποῖο σὲ μεγάλο βαθμὸ ἐξακολουθοῦμε νὰ ἀγνοοῦμε, φαίνεται ὅτι ἀκόμη καὶ τὰ στοιχειώδη σωματίδια ἀποσυντίθενται στὰ ἀληθινὰ « πρῶτα στοιχεῖα ». Γίνονται χορδές, παλλόμενα νημάτια καθαρῆς ἐνέργειας : ἀργές καὶ ἡρεμες δονήσεις περιγράφουν ἐλαφρά, ἅλλα σωματίδια καθαρῆς ἐνέργειας, ὅπως τὰ φωτόνια· γρήγορες καὶ φρενήρεις δονήσεις περιγράφουν, στοὺς πλουσιότερους συνδυασμούς τους, σωματίδια πού διαθέτουν μάζα, θαρρεῖς καὶ ἡ φύση ἤθελε νὰ ἀποσυντεθεῖ σὲ ἓνα σύμπαν ἡχων. Καὶ σὲ αὐτὸν τὸν ὠκεανὸ στοιχειωδῶν ταλαντώσεων ἀκόμη καὶ ὁ χωροχρόνος, διαιρεμένος σὲ ἄτομα τώρα πιά, ἀποκαλύπτει τὴν ὑπερμικροσκοπικὴ φύση του.¹

1. Ἡ κλίμακα τοῦ ὑπερμικροσκοπικοῦ, ἐλάχιστη κλίμακα τῆς κοκκώδους φύσης τοῦ χωροχρόνου, δηλώνεται ἀπὸ τὸν ὑπολογισμό τῆς ἐντροπίας μιᾶς μαύρης τρύπας, ἡ ὁποία εἶναι ἴση μὲ

Μπροστὰ σὲ αὐτὰ τὰ νέα σύνορα τῆς σκέψης, γιατί λοιπὸν νὰ μὴν ἀναρωτηθοῦμε ἂν μὲ μιὰ κβαντικὴ θεωρία τῆς βαρύτητας δὲν θὰ ἦταν ἐφικτὸ νὰ ἐπιλύσουμε τὸ παράδοξο τῆς χαμένης πληροφορίας ; Ὁ Χώκινγκ, στὸ Δουβλίνο, ἀνεβαίνοντας σὲ λίγο στὸ βῆμα γιὰ νὰ πάρει τὸν λόγο, θὰ περιγράψει τὶς « βελτιώσεις » πού ἔκανε στὸν ὑπολογισμό τῆς ἀκτινοβολίας. Τὸ στοίχημα πού ἔβαλε παρέα μὲ τὸν Κίπ Θόρν ἐναντίον τοῦ Τζῶν Πρέσκιλλ παραμένει ἕως σήμερα ἀνοιχτό. Θὰ ἀφήσει νὰ ἐξελίσσεται ὁ χωροχρόνος μιᾶς μαύρης τρύπας πού βρίσκεται σὲ διαδικασία σχηματισμοῦ καὶ ἐξάτμισης, δίχως ὅμως νὰ τῆς ἀποδίδει πλέον μιὰ καὶ μοναδική, αὐστηρὴ γεωμετρία¹, ἀλλὰ περισσότερες γεωμετρίες, καθεμία ἐκ τῶν ὁποίων θὰ ἔχει τὸ δικό της βάρος, τὴ δική της πιθανότητα. Σὲ διαφορετικὲς στιγμὲς θὰ ἐπιτρέψει στὸν χωροχρόνο νὰ πᾶλλεται μὲ ὅλους τοὺς δυνατοὺς σχηματισμούς καὶ τρόπους, ἔτσι πού ἡ ἐξέλιξη τῆς μαύρης τρύπας νὰ

τὸν λόγο μεταξὺ τοῦ ἐμβαδοῦ τοῦ ὀρίζοντα τῶν γεγονότων καὶ τοῦ « ἐλάχιστου ἐμβαδοῦ » ἐνὸς στοιχειώδους θυλάκου τοῦ χωροχρόνου. Αὐτὴ ἡ κλίμακα, ἡ ὁποία καλεῖται « μῆκος Πλάνκ », ἴση μὲ $l_p = (G\hbar/c^3)^{1/2} = 1,6 \cdot 10^{-33} \text{ cm}$, εἶναι ὁ συνδυασμὸς τῶν τριῶν παγκόσμιων σταθερῶν τῆς φυσικῆς : τῆς βαρυτικῆς σταθερᾶς G τῆς Γενικῆς Σχετικότητος, τῆς ταχύτητος τοῦ φωτὸς c τῆς Εἰδικῆς Σχετικότητος, καὶ τῆς σταθερᾶς τοῦ Πλάνκ $\hbar$ τῆς κβαντικῆς φυσικῆς.

1. Πρόκειται γιὰ τὴ γεωμετρία τοῦ χωροχρόνου μιᾶς μαύρης τρύπας τοῦ Σβάρτσιλντ, δηλαδὴ μιᾶς « κλασικῆς » μαύρης τρύπας, ὅπως περιγράφεται ἀπὸ τὴ Γενικὴ Σχετικότητα.

μπορεῖ νὰ περιγραφεῖ στὴ γλώσσα τῆς κβαντικῆς φυσικῆς.¹

1. Ἡ προσέγγιση εἶναι παρόμοια μ' ἐκείνη ποὺ υἱοθέτησε ὁ Feynman, γιὰ νὰ περιγράψει τὴν ἐξέλιξη ἐνὸς κβαντικοῦ σωματιδίου καὶ τοῦ νέφους πιθανοτήτων του: δὲν συντελεῖται κατὰ μῆκος μιᾶς ἐνιαίας διαδρομῆς χαραγμένης μεταξὺ δύο φάσεων τοῦ χρόνου, ἀλλὰ γεννιέται ἀπὸ τὸν συνδυασμὸ, τὴν παρεμβολή καὶ τὴν ἀλληλεπίδραση πολλαπλῶν διαδρομῶν, καθεμιά ἐκ τῶν ὁποίων ἔχει τὸ δικό της βάρος, περιγράφοντας μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ μιὰ ἐξέλιξη τὴν ὁποία, ἂν καὶ ἀναστρέψιμη, δὲν μποροῦμε πλέον νὰ τὴν ἐντοπίσουμε μὲ ἀκρίβεια.

10. Τὸ στοίχημα

ΝΑ Ο ΛΟΓΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΟΡΟΙ ΤΟΥ ΣΤΟΙΧΗΜΑΤΟΣ.
Οἱ μονομάχοι ἔχουν ἀνέβει στὴ σκηνή.

Ἐνῶ ὁ Στῆβεν Χώκινγκ, μαζὶ μὲ τὸν Κίπ Θόρν, πιστεύει ἀκράδαντα ὅτι ἡ πληροφορία ποὺ καταπίνει μιὰ μαύρη τρύπα κρύβεται γιὰ πάντα ἀπὸ τὸ ἐξωτερικὸ σύμπαν, καὶ συνεπῶς ποτὲ δὲν θὰ ἀποκαλυφθεῖ, ἀκόμη καὶ ὅταν ἡ μαύρη τρύπα ἐξατμιστεῖ καὶ ἐξαφανιστεῖ ἐντελῶς,

ὁ Τζὼν Πρέσκιλλ, ἀπεναντίας, πιστεύει ἀκράδαντα ὅτι σὲ μιὰ ὀρθή θεωρία τῆς βαρύτητας εἶναι δυνατόν νὰ βοηθεῖ ἓνας μηχανισμὸς ἱκανὸς νὰ ἀπελευθερώσει τὴν πληροφορία κατὰ τὴν ἐξάτμιση τῆς μαύρης τρύπας.

Τὸ στοίχημα ἔγινε δεκτό.

Τὸ ἔπαθλο θὰ εἶναι μία ἐγκυκλοπαίδεια, ποὺ θὰ ἐπιλέξει ὁ νικητῆς, ἀπὸ τὴν ὁποία θὰ μπορεῖ νὰ ἀντλήσει ὅποιαδήποτε πληροφορία ἐπιθυμεῖ.

Στῆβεν Χώκινγκ

Κίπ Θόρν

Τζὼν Πρέσκιλλ

Πασαντήνα, Καλιφόρνια, 6 Φεβρουαρίου 1997

11. Στὸ Δουβλίνο, ἀπὸ τοῦ βήματος

ΔΟΥΒΛΙΝΟ, 21 ΙΟΥΛΙΟΥ 2004. Ἡ Grand Concert Hall τῆς Βασιλικῆς Ἑταιρείας τοῦ Δουβλίνου (Royal Dublin Society) εἶναι κατάμεστη ἀπὸ φυσικούς καὶ δημοσιογράφους τοῦ διεθνoῦς Τύπου. Στὴν αἴθουσα δὲν πέφτει οὔτε καρφίτσα. Στὴν ἔδρα βρίσκονται ὁ Κίπ Θόρν, ὁ Τζὼν Πρέσκιλλ καὶ ὁ Πέτρος Φλωρίδης, ὁ ὀργανωτὴς τοῦ συνεδρίου. Μέσα στὴ λάμψη χιλιάδων φλάς, ὁ Χώκινγκ στὴν ἀναπηρικὴ καρέκλα του προχωρεῖ ἀνεβαίνοντας μιὰ ράμπα. Μιὰ νοσοκόμα τὸν ὀδηγεῖ ἀπὸ τὴν πλατεία στὸ βῆμα. Μαζί του εἶναι ὁ Christophe Galfard, ὑποψήφιος διδάκτοράς του, ὁ ὁποῖος θὰ μείνει μαζί του καθ' ὅλη τὴ διάρκεια τῆς παρέμβασής του. Μόλις ὁ Χώκινγκ ἀνέβηκε στὴν ἔδρα, ὁ Πέτρος Φλωρίδης, ἔπειτα ἀπὸ ἓναν σύντομο χαιρετισμό, ἀστειεύεται μὲ τὸ κοινό, ὑπενθυμίζοντας ὅτι στὴ φυσικὴ ἢ πληροφορία δὲν μπορεῖ νὰ μεταδοθεῖ μὲ ταχύτητα μεγαλύτερη τοῦ φωτός. Παρ' ὅλα αὐτὰ σημειώνει ὅτι αὐτὴ ἡ διαπίστωση μπορεῖ νὰ ἀποδειχτεῖ ἐσφαλμένη, δεδομένης τῆς ταχύτητας μὲ τὴν ὁποία ὁ διεθνὴς Τύπος γνωστοποίησε τὴν ἀνακοίνωση τοῦ Στῆβεν Χώκινγκ στὴ Διεθνή Συνάντηση γιὰ τὴ Γενικὴ Σχετικότητα καὶ τὴ Βαρύτητα. Ὁ Φλωρίδης, ἀφοῦ περιέγραψε τοὺς ὅρους τοῦ στοιχήματος, δίνει

τὸν λόγο στὸν Χώκινγκ καὶ ἡ φωνή του, ὅπως παράγεται μὲ τὴ βοήθεια τοῦ ὑπολογιστῆ, ρωτᾷ¹:

«Μὲ ἀκοῦτε; Θὰ ἤθελα νὰ σᾶς ἐνημερώσω ὅτι ἔλυσα ἓνα θεμελιῶδες πρόβλημα τῆς θεωρητικῆς φυσικῆς, τὸ ὁποῖο ἀνέκυψε πρὶν ἀπὸ τριάντα χρόνια, ὅταν ἀνακάλυψα ὅτι οἱ μαῦρες τρύπες ἐκπέμπουν θερμικὴ ἀκτινοβολία.

» Τὸ παράδοξο τῆς πληροφορίας σχετικὰ μὲ τὶς μαῦρες τρύπες γεννήθηκε τὸ 1967, ὅταν ὁ Βέρνερ Ἰσραελ... ἀπέδειξε ὅτι ἡ λύση τοῦ Σβάρτσιλντ εἶναι ἡ μόνη στατικὴ λύση μιᾶς μαύρης τρύπας στὸ κενό. Αὐτὴ γενικεύτηκε ἀπὸ τὸ *no hair theorem*: οἱ μόνες στάσιμες λύσεις γιὰ μιὰ περιστρεφόμενη μαύρη τρύπα τῶν ἐξισώσεων τῶν Ἀϊνστάιν-Maxwell εἶναι οἱ λύσεις τῶν Κέρρ-Newman. Σύμφωνα μὲ τὸ *no hair theorem*, ὅλη ἡ πληροφορία σχετικὰ μὲ τὸ σῶμα ποὺ βρίσκεται σὲ πορεία κατάρρευσης χάνεται ἀπὸ τὶς ἐξωτερικὲς περιοχές· ἐξαιροῦνται μονάχα οἱ τρεῖς διατηρούμενες ποσότητες: ἡ μάζα, ἡ στροφορμὴ καὶ τὸ ἠλεκτρικὸ φορτίο.

» Αὐτὴ ἡ ἀπώλεια πληροφορίας δὲν συνιστᾷ ἓνα πρόβλημα γιὰ τὴν “κλασικὴ” φυσικὴ. Μιὰ κλασικὴ μαύρη τρύπα ζεῖ γιὰ πάντα καὶ ἡ πληροφορία τῆς διατηρεῖται στὸ ἐσωτερικὸ τῆς, ἂν καὶ παραμένει ἀπροσ-

1. Ἐδῶ μεταφέρονται ὀρισμένα ἀποσπάσματα τῆς ἀνακοίνωσης τοῦ Στῆβεν Χώκινγκ στὴ Συνάντηση τοῦ Δουβλίνου, τὰ ὁποῖα ἀντλήσαμε ἀπὸ τὸν δικτυακὸ τόπο τοῦ John Baez: <http://math.ucr.edu/home/baez/week207.html>.

πέλαστη. Παρά ταῦτα, ἡ κατάσταση ἀλλάζει τὴ στιγμή πού τὰ κβαντικά φαινόμενα κάνουν τὴ μαύρη τρύπα νὰ ἀκτινοβολεῖ. Στὴν προσέγγιση πού εἶχα υἱοθετήσει παλαιότερα, ἡ ἀκτινοβολία εἶναι ἀπολύτως θερμική καὶ δὲν μεταφέρει πληροφορία. Τί ἀπομένει ἀπὸ τὴν πληροφορία πού εἶναι κλεισμένη στὴ μαύρη τρύπα, ὅταν αὐτὴ ἐξατμίζεται καὶ ἐξαφανίζεται ἐντελῶς; Φαίνεται ὅτι ὁ μόνος τρόπος μεταφορᾶς τῆς πληροφορίας εἶναι νὰ βρεθεῖ ἓνας μηχανισμὸς πού νὰ παράγει συσχετισμούς: πολλοὶ φυσικοὶ πιστεύουν ὅτι ὑπάρχει.

» Ὁ σχηματισμὸς καὶ ἡ ἐξάτμιση μιᾶς μαύρης τρύπας μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ μιὰ διαδικασία παρόμοια μὲ μιὰ διαδικασία πρόσκρουσης. Στέλνουμε σωματίδια καὶ ἀκτινοβολία ἀπὸ τὸ ἄπειρο καὶ μετᾶς τί ἐπιστρέφει στὸ ἄπειρο...»

Τώρα ἡ ἐπιχειρηματολογία ἀποκτᾶ τεχνικὸ χαρακτήρα. Ὁ Χώκινγκ ἐξηγεῖ τὸν ὑβριδικὸ ὑπολογισμό του, ὁ ὁποῖος παραμένει « ἡμικλασικός », στὸ μέτρο πού συνδυάζει μαθηματικὲς ἔννοιες καὶ μαθηματικὰ ἐργαλεῖα πού εἶναι ἴδια τῆς κβαντικῆς φυσικῆς (οἱ διαδρομὲς τοῦ Φάυνμαν στὶς διάφορες γεωμετρίες), μὲ ἔννοιες καὶ ἐργαλεῖα ἴδια τῆς Γενικῆς Σχετικότητας (οἱ γεωμετρίες). Ὁ λόγος αὐτοῦ τοῦ νέου ἐπιπέδου προσέγγισης εἶναι ἀπλός: δὲν γνωρίζουμε ἀκόμη πῶς νὰ διατυπώσουμε μιὰ θεωρία συνεπῆ, ὡς πρὸς τὰ ἀξιώματα καὶ τοὺς νόμους τῆς, ἡ ὁποία νὰ ἐνοποιεῖ βαρύτητα καὶ κβάντα. Ὁ Χώκινγκ συνεχίζει...

« Ἡ ἐργασία μου μὲ τὸν Hartle εἶχε ἀποδείξει ὅτι

ἡ ἀκτινοβολία μπορεῖ νὰ περιγραφεῖ ὡς μιὰ διαδικασία *tunneling*¹ πρὸς τὸ ἐξωτερικὸ μιᾶς μαύρης τρύπας. Δὲν εἶναι λοιπὸν παράλογο νὰ ὑποθέσουμε ὅτι κάποιες πληροφορίες μποροῦμε νὰ τὶς ἀντλήσουμε ἀπὸ μιὰ μαύρη τρύπα. Αὐτὸ θὰ ἐξηγοῦσε πῶς μιὰ μαύρη τρύπα μπορεῖ νὰ δημιουργηθεῖ καὶ νὰ ἐπιστρέψει πληροφορίες σχετικὰ μὲ ὅ,τι βρίσκεται στὸ ἐσωτερικὸ τῆς, παραμένοντας τοπολογικῶς φυσική. [...] Δὲν ὑπάρχουν σύμπαντα-φυσάλιδες πού νὰ ἀπομακρύνονται ἀπὸ μία μοναδικότητα, ὅπως εἶχα πιστέψει κάποτε.

» Ἡ πληροφορία παραμένει χωρὶς ἀμφιβολία ἐντὸς τοῦ σύμπαντός μας. Λυπᾶμαι πολὺ πού θὰ ἀπογοητεύσω τοὺς λάτρεις τῆς ἐπιστημονικῆς φαντασίας, ἀλλὰ ἡ πληροφορία διατηρεῖται καὶ δὲν ὑπάρχει ἡ δυνατότητα νὰ χρησιμοποιήσουμε τὶς μαῦρες τρύπες γιὰ νὰ ταξιδέψουμε σὲ ἄλλα σύμπαντα. Ἄν πέσετε σὲ μιὰ μαύρη τρύπα, ἡ μάζα-ἐνέργειά σας θὰ ἐπιστραφεῖ ἐκ νέου στὸ δικό μας σύμπαν, ἂν καὶ σὲ μιὰ περίπλοκη μορφή, καὶ θὰ περιέχει τὴν πληροφορία σχετικὰ μὲ ὅ,τι ἦσασταν. [...] Χαίρομαι πού

1. Τὸ *tunneling* εἶναι μιὰ κβαντικὴ διαδικασία ἡ ὁποία ἐπιτρέπει σὲ ἓνα σωματίδιο νὰ ξεπεράσει ἓνα ἐμπόδιο, ὀδηγώντας το σὲ περιοχὲς οἱ ὁποῖες σὲ διαφορετικὴ περίπτωση θὰ παρέμεναν ἀπροσπέλαστες, χάρις σὲ διακυμάνσεις στὴν ἐνέργειά του. Ὁ Χώκινγκ κάνει λόγο γιὰ *tunneling* τῆς πληροφορίας ὡς διαδικασία ἱκανὴ νὰ μεταφέρει τὴ μνήμη, ἡ ὁποία ἀρχικῶς βρίσκεται κλεισμένη ἐντὸς τοῦ ὀρίζοντα γεγονότων μιᾶς μαύρης τρύπας, στὸ ἐξωτερικὸ, ὁρατὸ σύμπαν.

ἐπέλυσα ἓνα πρόβλημα τὸ ὁποῖο μὲ ταλάνιζε ἐδῶ καὶ σχεδὸν τριάντα χρόνια, μολονότι ἡ ἀπάντηση δὲν εἶναι λιγότερο ἐνδιαφέρουσα ἀπὸ τὴν ἐναλλακτικὴ πού εἶχα ὑποδείξει. Ὡστόσο τὸ ἀποτέλεσμα δὲν εἶναι ἀρνητικό, γιατί δείχνει πὼς οἱ μαῦρες τρύπες ἐξατμίζονται διατηρώντας μιὰ φυσικὴ τοπολογία».

Ὁ Χώκινγκ ὑπαινίσσεται ὅτι ἡ πληροφορία βρίσκεται τῇ διέξοδῇ τῆς κατὰ τὴ διάρκεια τοῦ σχηματισμοῦ καὶ τῆς ἐξάτμισης τῆς μαύρης τρύπας, γιατί ὁ χωροχρόνος τροποποιεῖται καὶ χαρακτηρίζεται ἀπὸ διακυμάνσεις, λαμβάνοντας ἐντούτοις μόνο «φυσικὲς» μορφές, ἀποφεύγοντας δηλαδὴ ἐκεῖνες τὶς παράξενες τοπολογίες πού ἐπιτρέπουν τὴ διαμόρφωση χωροχρονικῶν σηράγγων ἐντὸς τῶν ὁποίων ἡ πληροφορία ρέει γιὰ νὰ συγκεντρωθεῖ σὲ ἀπροσπέλαστα μέρη τοῦ σύμπαντος. Σύμφωνα μὲ τοὺς δικούς του ὑπολογισμούς, ἡ κβαντικὴ βαρύτητα ἀναγνωρίζει μόνο χωροχρονικὲς διακυμάνσεις ὅπου ἡ αἰτιώδης δομὴ παραμένει ἀκέραιη.

Εἶναι πολὺ δύσκολο ἀκόμη νὰ κατανοήσουμε ποιοί εἶναι οἱ μηχανισμοὶ ἐκεῖνοι πού μεταφέρουν στὸ ἐξωτερικὸ τὴν πληροφορία ἡ ὁποία περικλείεται σὲ μιὰ μαύρη τρύπα πού ἐξατμίζεται. Δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωση πὼς ὁ Χώκινγκ ὑπαινίσσεται ὅτι στὴν πραγματικότητά μιὰ μαύρη τρύπα μὲ τὴν κλασικὴ ἔννοια ἴσως καὶ νὰ μὴν ὑπάρχει: δὲν ὑπάρχει ὅπως τὴν εἶχαμε φανταστεῖ μέχρι σήμερα! Κατὰ τὴ διάρκεια τῆς δημιουργίας τῆς, ὅπως καὶ κατὰ τὴν ἐξάτμισή τῆς, ἡ μαύρη τρύπα παραμένει ἓνα ἔμβρυο τυλιγμένο

ἀπὸ ἓναν ὀρίζοντα γεγονότων διηνεκῶς μισάνοιχτο. Ὁ ὀρίζοντας γεγονότων τῆς εἶναι ἓνα κυμαινόμενο ψηφιδωτὸ παρόμοιο μὲ ἱστό, ἀπὸ τὸ διάτρητο πλέγμα τοῦ ὁποῖου διαρρέουν κβάντα φωτός. Φαίνεται ἔτσι ὅτι ἡ μαύρη τρύπα στὴν ἐπιφάνειά τῆς ἔχει διαφανῆ σημεῖα τὰ ὁποῖα ἐπιτρέπουν νὰ διαφεύγει ἡ περιεχόμενη πληροφορία: αὐτὴ ἐπιστρέφει σ' ἐμᾶς, στὸν χρόνο, σὲ πολύπλοκη μορφή, σὰν μουσικὲς μπατοῦτες κομψὰ συσχετισμένες μεταξὺ τους οἱ ὁποῖες συνθέτονται ἐκ νέου.

Ἴσως ἡ πληροφορία ἀναδεικνύεται πραγματικὰ μὲ τὸν *quantum entanglement* (κβαντικὸ συσχετισμὸ).¹ Ἄν μπορούσαμε νὰ πλησιάσουμε τὰ ὅρια τοῦ ὀρίζοντα γεγονότων γιὰ νὰ παρατηρήσουμε τὸ φῶς τοῦ Χώκινγκ, δηλαδὴ ἐκεῖνα τὰ ζεύγη συσχετισμένων φωτονίων πού γεννιοῦνται ἀπὸ τὶς διακυμάνσεις τοῦ κενοῦ, θὰ ἀνακαλύπταμε ὅτι τὸ φωτόνιο πού πέφτει εἶναι σὲ θέση νὰ συλλέγει τὴν πληροφορία πού βρίσκεται μεταξὺ τῶν θυλάκων τοῦ κυμαινόμενου ὀρίζοντα γεγονότων, μεταφέροντάς τη στὸ δικό του νέφος πιθανοτήτων. Ἐπειδὴ τὸ ζεῦγος εἶναι *entangled* * φωτόνιο, συνέλαβε ἓνα θραῦσμα μνήμης. Νά, λοιπόν, πού τὰ κβάντα τῆς ἐξάτμισης συγκρατοῦν ἐκείνους τοὺς λεπτοὺς συσχετισμοὺς οἱ ὁποῖοι, ὅταν ἀποκωδικοποιηθοῦν, περικλείουν τὴν ἱστορία σχηματισμοῦ τῆς μαύρης τρύπας.

1. Seth Lloyd καὶ Jack Ng, *Scientific American*, Νοέμβριος 2004.

* Πεπλεγμένο, συσχετισμένο. (Σ.τ.μ.)

Στὸν Στῆβεν Χώκινγκ δὲν ἀπομένει παρὰ ἡ κατακλείδα. « Τὸ 1997, ὁ Κίπ Θόρν κι ἐγὼ στοιχηματίσαμε ὅτι ἡ πληροφορία στὶς μαῦρες τρύπες καταστρέφεται. Εἶμαι πρόθυμος νὰ χάσω τὸ στοίχημα, μολονότι ὁ Κίπ Θόρν δὲν εἶναι ἀκόμη πεπεισμένος. Χαρίζω στὸν Τζὼν Πρέσκιλλ τὴν ἐγκυκλοπαίδεια πού μοῦ εἶχε ζητήσει. Ὁ Τζὼν εἶναι Ἀμερικανὸς καὶ θὰ προτιμοῦσε μιὰ ἐγκυκλοπαίδεια τοῦ μπέηζμπωλ. Δυσκολεύτηκα νὰ τὴ βρῶ ἐδῶ στὸ Δουβλίνο, ἔτσι προσφέρω στὸν Τζὼν μιὰ ἐγκυκλοπαίδεια τοῦ κρίκετ, ἀλλὰ ὁ Τζὼν δὲν εἶναι καὶ τόσο σίγουρος γιὰ τὴν ἀνωτερότητα τοῦ κρίκετ. Εὐτυχῶς ὁ βοηθός μου, ὁ Dunn, ἔπεισε τὸν ἐκδότη τοῦ Sportclassic Books νὰ στείλει ἀεροπορικῶς ἓνα ἀντίτυπο τοῦ *Total Baseball: the Ultimate Baseball Encyclopedia*. Ἄν ὁ Κίπ θεωρήσει ὅτι ἔχασε τὸ στοίχημα, θὰ μὲ πληρώσει ἀργότερα ».

Ὁ Τζὼν Πρέσκιλλ ἀνεμίζει στὸν ἀέρα τὴν ἐγκυκλοπαίδειά του λὲς καὶ πρόκειται γιὰ τὴν παρωδία ἐνὸς ἀθλητικοῦ θριάμβου. « Ἡλπιζα νὰ ἔχω τουλάχιστον ἓναν μάρτυρα », διαβεβαιώνει ὁ Τζὼν Πρέσκιλλ, « ἀλλὰ αὐτὴ ἡ συνέλευση ξεπέρασε τὴ φαντασία μου ». Ὁ Κίπ Θόρν εὐχαριστεῖ τὸν Στῆβεν Χώκινγκ. Δὲν θεωρεῖ ὅμως ὅτι ἔχασε τὸ στοίχημα: « Μοῦ φαίνεται μιὰ ἐνδιαφέρουσα ἐπιχειρηματολογία. Ἀλλὰ ἀκόμη δὲν εἶδα τίς λεπτομέρειες ». Ὁ Πρέσκιλλ, καθὼς εἶναι εἰδικὸς στὴν κβαντική φυσική, παραδέχεται: « Θὰ εἶμαι εἰλικρινής: δὲν κατάλαβα καὶ πολλὰ πράγματα ». Ἡ ἐπιστήμη προχωρᾷ μὲ ἐξαιρετικὴ περίσκεψη, στὸ μέτρο πὺν πρέπει νὰ

ἐγγυᾶται ἐσωτερικὴ συνέπεια καὶ ἐπαληθευσιμότητα. Θὰ χρειαστεῖ κριτικὴ καὶ ἀνεξάρτητη ἀνάλυση. Ὁ δρόμος γιὰ τὴν ἐνοποίηση βαρύτητας καὶ κβάντων δὲν εἶναι ξεκάθαρος, καὶ μόνο ἐνδείξεις ἔχουμε στὴ διάθεσή μας.

Ὁ Κίπ Θόρν ἀνοίγει τὴ συζήτηση ρωτώντας τὸν Στῆβεν Χώκινγκ ἂν εἶναι ἔτοιμος νὰ ἀπαντήσει στὶς ἐρωτήσεις τοῦ κοινοῦ. Ἕνας δημοσιογράφος τοῦ BBC ρωτᾷ τὸν Χώκινγκ ποιό εἶναι τὸ νόημα αὐτῆς τῆς ἀνακάλυψης γιὰ τὴ ζωὴ καὶ τὸ σύμπαν. Ἐνῶ ὁ Κριστόφ Γκαλφάρ ἀπαντᾷ γιὰ μερικὰ λεπτὰ στὶς τεχνικές ἐρωτήσεις πὺν ὑποβάλλουν οἱ φυσικοὶ πὺν βρίσκονται στὴν αἴθουσα, ὁ Χώκινγκ ὁλοκληρώνει στὸν ὑπολογιστὴ τὴν ἐπεξεργασία τῆς ἀπάντησής του: « Τὸ ἀποτέλεσμα ἀποδεικνύει ὅτι στὸ σύμπαν ἐπικρατοῦν οἱ νόμοι τῆς φυσικῆς ». Ἀπάντηση κοφτὴ ἀπὸ ἀνάγκη καὶ θετικιστικὴ στὸ πνεῦμα. Ὁ Κίπ Θόρν πιέζει γιὰ ἐρωτήσεις πὺν θὰ ἀπαιτοῦν ἀπλῶς ἓνα « ναί » ἢ ἓνα « ὄχι », γιὰ νὰ διευκολύνουν τὸν Στῆβεν Χώκινγκ. Ἀδύνατον. Ἡ Jenny Hogan ρωτᾷ τὸν Στῆβεν Χώκινγκ τί θὰ κάνει τώρα πὺν ἔλυσε τὸ πρόβλημα. Ὁ Χώκινγκ ἀπαντᾷ μὲ ἀπόρροια ταχύτητα: « Δὲν τὸ ξέρω ». Ὁλη ἡ Concert Hall ξεσπᾷ σὲ γέλια. Στὸ σημεῖο αὐτὸ ὁ Κίπ κλείνει τὴ συζήτηση, ἐπιτρέποντας στοὺς δημοσιογράφους νὰ πλησιάσουν στὸ βῆμα.

12. Ἡ ἡχώ τῆς κοσμικῆς αὐγῆς

Ἐπειδὴ τὸ κύριο ἀντικείμενο τῆς ἐπιστημονικῆς θεωρίας εἶναι νὰ ἐκφράσει τὶς ἀρμονίες πὸν ὑπάρχουν στὴ φύση, βλέπουμε ἀμέσως ὅτι αὐτὲς οἱ θεωρίες πρέπει νὰ ἔχουν μιὰ αἰσθητικὴ ἀξία. Τὸ μέτρο τῆς ἐπιτυχίας μιᾶς ἐπιστημονικῆς θεωρίας εἶναι, πραγματικά, ἓνα μέτρο τῆς αἰσθητικῆς τῆς ἀξίας, ἐπειδὴ εἶναι ἓνα μέτρο τῆς ἔκτασης στὴν ὁποία ἔχει εἰσαγάγει τὴν ἀρμονία ἐκεῖ ὅπου πρὶν ἦταν τὸ χάος.

JOHN WILLIAM NAVIN SULLIVAN

ΥΦΙΣΤΑΝΤΑΙ ΑΚΟΜΗ ΑΤΕΛΕΙΕΣ, μυωπίες στὴ φυσική. Οἱ δύο θεωρίες, τῆς κβαντικῆς φυσικῆς καὶ τῆς βαρύτητας, περιγράφουν μερικὲς σημαντικὲς πραγματικότητες τοῦ μικρόκοσμου καὶ τοῦ μακρόκοσμου· παρ' ὅλα αὐτὰ ἀποτελοῦν προσεγγίσεις μιᾶς « ὑψηλότερης » θεωρίας, ἡ ὁποία μόλις σήμερα ἀρχίζει νὰ διαγράφεται. Ἀπέναντι στὴ δύναμη καὶ στὴν αἰσθητικὴ ὁμορφιά τῆς Γενικῆς Σχετικότητας καὶ στὴν ἰσχυρὴ προβλεπτικὴ ἱκανότητα τῆς κβαντικῆς θεωρίας – ἀμφότερες θεωρίες οἱ ὁποῖες ἔχουν ἐλεγχθεῖ μὲ ἐξαιρετικὴ ἐπιμέλεια καὶ σχολαστικότητα –, γιατί νὰ μὴν πιστέψουμε ὅτι ἀκόμη καὶ μιὰ θεωρία μεγάλης ἐνοποίησης ἀπαιτεῖ γιὰ τὴ διατύπωσή της μιὰ ὀπτικὴ εἰκόνα μὲ ἔντονο συγκινησιακὸ περιεχόμενο ; Γιατί νὰ μὴν πιστέψουμε ὅτι αὕτῃ καθεαυτὴ ἐμπεριέχει μαθη-

ματικὴ κομψότητα καὶ ὁμορφιά στὶς συμμετρίες της ; Στὸ Δουβλίνο, ὁ Χώκινγκ, ἀνεβασμένος ὅπως εἶναι στὸ βῆμα, δίνει τὴν ἐντύπωση ὅτι ὑποδεικνύει πῶς, ἀπὸ ὅλες τὶς συμμετρίες, ἐκείνη ποὺ συνδέεται μὲ τὴν ἀναστρεψιμότητα τῶν φυσικῶν νόμων γιὰ τὴν ἀντιστροφή τοῦ βέλους τοῦ χρόνου, παραμένει ἐκ τῶν ὧν οὐκ ἄνευ προϋπόθεσης, ἐκείνη ποὺ δὲν γίνεται νὰ παραβιαστεῖ : αὕτῃ, στὸ μέτρο ποὺ συνιστᾷ ἀρχὴ στὶς δύο θεωρίες, θὰ ἔπρεπε νὰ ἀποτελέσει θεμελιακὸ στοιχεῖο καὶ σὲ μιὰ θεωρία μεγάλης ἐνοποίησης.

Πῶς θὰ μπορέσουμε νὰ ὑποβάλουμε σὲ ἔλεγχο μιὰ ἢ περισσότερες θεωρίες ἐνοποίησης ; Ἀναζητώντας νέα φαινόμενα, χρησιμοποιώντας τὰ ἰσχυρότερα μικροσκοπία ποὺ διαθέτει ἡ φυσική : τοὺς ἀνιχνευτὲς σωματιδίων, γιὰ νὰ προσπελάσουμε τὴν κλίμακα τοῦ υπερμικροσκοπικοῦ. Ἡ ψάχνοντας στὰ βαρυτικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπουν μαῦρες τρύπες σὲ στάδιο συσσωμάτωσης, καθὼς περνοῦν ξυστὰ ἀπὸ τοὺς ὀρίζοντες τους, κάποιο ἄγνωστο στοιχεῖο ἀποτυπωμένο στὸ κύμα ἀπὸ τὸν ταραγμένο χωροχρόνο. Ἡ ἐπίσης ἀναζητώντας στὴ διάχυτῃ ἀτομικὴ ἀκτινοβολία ποὺ πλημμυρίζει τὸ σύμπαν, ἢ στὸ ἀδύναμο φῶς ποὺ ἐξέπεμψαν οἱ πρῶτοι γαλαξίες κατὰ τὴ διαδικασία σχηματισμοῦ τους, ἢ στὶς πτυχώσεις ποὺ ἀφήνουν πίσω τους τὰ βαρυτικὰ κύματα καθὼς περιπλανῶνται στὸ σύμπαν, τὴν ἡχώ τῆς κοσμικῆς αὐγῆς.

Ἐξερευνώντας τὸν οὐρανὸ μὲ πιὸ εὐαίσθητα τηλεσκόπια, ἴσως κατορθώσουμε νὰ ἀποσπάσουμε καὶ νὰ ἀποκωδικοποιήσουμε τὰ μυστήρια τοῦ ἀρχέγονου

σύμπαντος, νά φτάσουμε μέχρι τῇ μεγάλη ἔκρηξη, τὸ Big Bang, ὅπου κυριαρχοῦσε ἡ κβαντικὴ βαρύτητα : ἐκεῖνη ἀκριβῶς τῇ στιγμῇ ὁ χωροχρόνος ἐπιλέγει τὴ γεωμετρία του, ἡ ὕλη καὶ ἡ ἐνέργεια ἀποκοτῶν τὴ συγκεκριμένη φύση τους. Γαλαξίες, ἄστρα, σκόνες, πλανῆτες, φῶς καὶ μαῦρες τρύπες βρίσκουν, κατὰ τὴν κοσμικὴ διαστολή, τὴν ἱστορία σχηματισμοῦ τους καὶ τὸ προνομιοῦχο ἐνδιαίτημά τους. "Αν ἡ πληροφορία δὲν ἐξαλείφεται ἀπὸ τὶς πρῶτες κιόλας στιγμές, ὅπως πιστεύουμε σήμερα, ὁ κόσμος καθίσταται ἡ μεγαλοπρεπὴς αὐλὴ τῆς μνήμης μας, μεταφορὰ τοῦ ταξιδιοῦ μας πρὸς τὴ γνώση, ποὺ εἶναι συνάμα ἐσωτερικὴ γνώση.

13. Τὸ ἐλάχιστο ἀλφάβητο

Εἴμαστε ὅλοι φτιαγμένοι ἀπὸ ὀλικά ὀνειρώων

ΟΥΙΛΙΑΜ ΣΑΙΞΠΗΡ, *Ἡ τρικυμία* *

ΤΟ ΠΑΡΑΔΟΞΟ ΕΙΧΕ ἓναν θριαμβευτικὸ ἐπίλογο ! Μᾶς ἔδωσε πίσω τὴ μνήμη καὶ ἐκεῖνες τὶς συμμετρίες ποὺ ἡ φύση κατέχει καὶ διαφυλάττει. Μᾶς ἔδειξε ἓνα δυνατὸ μονοπάτι, περίπλοκο καὶ δύσβατο, γιὰ νὰ ἐνώσουμε σὲ ἓνα ἐλάχιστο ἀλφάβητο ὅλες ἐκεῖνες τὶς στοιχειώδεις δονήσεις ἐνέργειας, ποὺ καλοῦνται « χορδές », καὶ ἐκεῖνα τὰ « κβάντα χωροχρόνου », μὲ τὰ ὁποῖα θὰ δημιουργήσουμε σωματίδια καὶ φῶς καὶ θὰ ἐξυφάνουμε τὴ γεωμετρία τοῦ κοσμικοῦ περιβάλλοντός μας. Ἴσως ἀπὸ τὸν συνδυασμὸ τῶν γραμμάτων αὐτοῦ τοῦ ἀλφάβητου νὰ ἔρθει στὸ φῶς ἓνα καταπληκτικὸ παιχνίδι τῆς ἀναδημιουργίας, μέσα ἀπὸ ἀκριβεῖς συνδυασμούς, τοῦ ὁρατοῦ σύμπαντος.

Ὁ Δημόκριτος διεῖδε μὲ γοητευτικὴ διορατικότητά τὴν ὕπαρξη ἐλαφρῶν ἀτόμων σὲ κίνηση, γιὰ νὰ δικαιολογήσει τὴν ποικιλομορφία τῆς ὕλης, ἀπελευθερώνοντάς τη μὲ τὸν τρόπο αὐτὸν ἀπὸ τὸ βάρος της καὶ ἀπὸ τὴν πολυπλοκότητά της : καὶ μεταξὺ αὐτῶν τῶν ἀνεπαίσθητων παρουσιῶν, προϋπέθεσε τὴν ὕπαρξη τοῦ κενοῦ γιὰ νὰ μπορέσει νὰ διακρίνει τὰ ἄτομα

* Οὐίλλιαμ Σαίξπηρ, *Ἡ τρικυμία*, Πρόσπερος, Τέταρτη Πράξη, σκηνὴ 1, ὅ.π., σ. 91. (Σ.τ.μ.)

καὶ νὰ καταστήσει δυνατὲς τὶς κινήσεις τους. Ὁ Δημόκριτος στὴν πραγματικότητα, παρατηρώντας τὸ ὁράτῳ, ἔστρεψε τὸ βλέμμα του στὸ ἀόρατο. Δὲν εἶναι μὴπως αὐτὸ τὸ ἐλάχιστο ἀλφάβητο μιὰ φυσικὴ ἐπέκταση τῆς ἀρχαίας σκέψης;

Ἔχουμε κατανοήσει πλέον ὅτι τὸ κενὸ εἶναι καὶ αὐτὸ πλήρες, ὅτι βρίθκει ἀπὸ ἄνυλα ἐλαφρὰ στοιχεῖα. Πῶς μποροῦμε νὰ περιγράψουμε τὸ τίποτε, ὅταν εἶναι καμωμένο ἀπὸ τίποτε; Στὴ μουσικὴ τὸ σημεῖο τῆς σιωπῆς βρίσκεται μέσα στὶς νότες, καὶ ὅχι σὲ μιὰ παύση¹ τὸ σημεῖο τῆς σιωπῆς στὴν ἔρημο βρίσκεται στοὺς ἤχους τῆς. Ἀποτελεῖ ἴσως μιὰ μαγευτικὴ εἰρωνεία ἢ σημερινὴ σκέψη ὅτι ὁ κυμαινόμενος χωροχρόνος μαζί μὲ τὸ κβαντικὸ κενό, ποὺ ξεχειλίζει ἀπὸ πεπλεγμένα καὶ ἀσταθῆ σωματίδια, μᾶς ὠθεῖ σὲ μαῦρες τρύπες ποὺ ἐξαχνώνονται μέχρι τὸ σημεῖο νὰ ἐξαφανιστοῦν ἐντελῶς! Ἀκόμη καὶ οἱ μαῦρες τρύπες ἐπιθυμοῦν νὰ ξεφύγουν ἀπὸ τὴν τόσο ἀκραία βαρύτητά τους γιὰ νὰ μεταμορφωθοῦν σὲ μιὰ ἀνάμνηση ἀπὸ φῶς. Καὶ κατὰ ἓναν εἰρωνικὸ τρόπο, σὲ αὐτὸν τὸν μετέωρο κόσμον, ὁ χωροχρόνος δὲν εἶναι μιὰ σελίδα ὅπου θὰ γραφεῖ ἡ ἱστορία τοῦ σύμπαντος, οὔτε τὸ θέατρο τῶν δικῶν μας συμβάντων. Τώρα εἰσάγεται στὸ ἀλφάβητο ὡς στοιχεῖο: θὰ πρέπει νὰ ἀναζητήσουμε ἓνα νέο κενό, ἓνα νέο κενὸ στὸ ὁποῖο θὰ τὸν βυθίζουμε; Ὁ κόσμος προβάλλει ἀκόμη πιὸ ἐκτεταμένος καὶ μυστηριώδης ἀπ' ὅ,τι εἴχαμε φανταστεῖ.

1. Fausto Melotti, *Linee*, Adelphi, 1981.

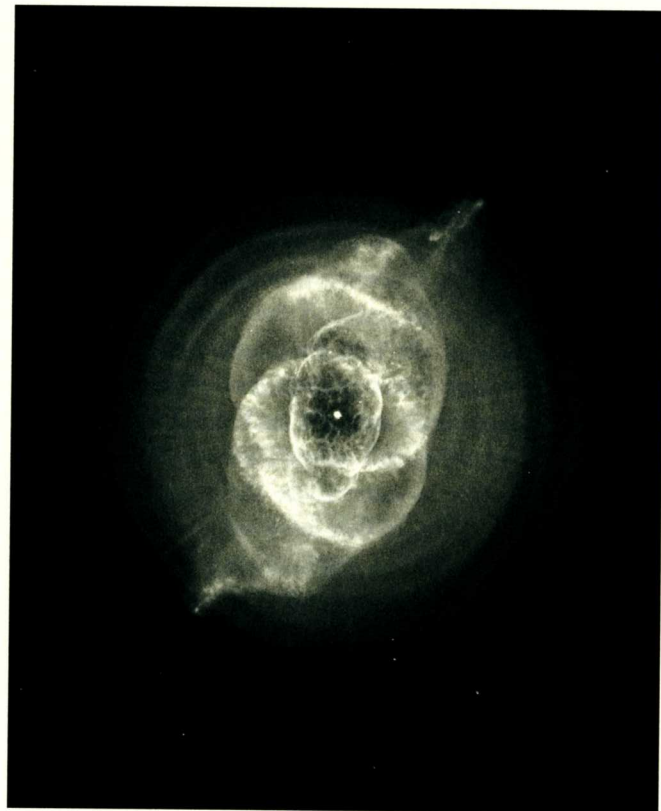
Τὸ σημεῖο κινεῖται στὴν ἄπειρη εὐθεία
καὶ τούτῃ εἶναι τὸ σύμπαν του.
Ἡ εὐθεία κινεῖται στὸ ἄπειρο ἐπίπεδο
καὶ τοῦτο εἶναι τὸ σύμπαν τῆς.
Τὸ ἐπίπεδο κινεῖται στὸν ἄπειρο χῶρον
καὶ τοῦτος εἶναι τὸ σύμπαν του.
Ὁ χῶρος ὅμως ποῦ μπορεῖ νὰ κινηθεῖ;
Γιὰ μᾶς, ποῦ εἶναι, ποῖο εἶναι τὸ σύμπαν;

FAUSTO MELOTTI^{1*}

1. Fausto Melotti, ἐπιμέλεια Germano Celant, Κατάλογος, Museo Cantonale D'Arte, Electa, Elemond Editori Associati, Μιλάνο 1990.

* Ὁ Φάουστο Μελόττι (Ροβερέτο, Τρέντο 1901 - Μιλάνο 1986) ὑπῆρξε ἓνας ἀπὸ τοὺς μεγαλύτερους Ἰταλοὺς γλύπτες τοῦ 20οῦ αἰώνα. Σὲ μεγάλη ἡλικία ἄρχισε νὰ προχωρᾷ καὶ στὴν κατασκευὴ ἔργων μὲ ὑλικά ὅπως τὰ μεταλλικὰ νήματα, ὁ χαλκός, ἡ γάζα κ.ἄ. Ἡ παραγωγὴ του χαρακτηρίζεται ἀπὸ μιὰ διπλὴ ἀντιθετικὴ ἔνταση: ἀπὸ τὴ μιὰ ἔχουμε τὴν ὑπαινικτικὴ συμβολικὴ μορφή καὶ ἀπὸ τὴν ἄλλή τὴ ρυθμικὴ καὶ δομικὴ ἐπινόηση. (Σ.τ.μ.)

Ἐδῶ τὸ πλανητικὸ νεφέλωμα Μάτι τῆς Γάτας εἶναι μεταφορὰ τῆς βαθμιαίας διάλυσης. Ἀέριοι ἀτμοὶ ὑψώνονται φέροντας στὸ μυαλὸ τὴν ἐξάτμιση μιᾶς μαύρης τρύπας σὲ φῶς. Τὸ νεφέλωμα θὰ ἐξατμιστεῖ σὲ μερικὲς χιλιάδες χρόνια· καὶ ἐκεῖ ὅπου σήμερα βρίσκεται τὸ λαμπερὸ κέντρο του θὰ μείνει ἕνας λευκὸς νάνος.



Σημείωση τῆς συγγραφέως

Τὰ ἀποσπάσματα τοῦ Poincaré, τοῦ Bacon καὶ τοῦ Sullivan προέρχονται ἀπὸ τὸ βιβλίο τοῦ S. Chandrasekhar *Truth and Beauty: Aesthetics and Motivations in Science*, The University of Chicago Press, Chicago (᾿Αλήθεια καὶ ὁμορφιά. Αἰσθητική καὶ κίνητρα στὴν ἐπιστήμη, μετάφραση Σ. Περσίδης, Ἰδέα, 1992). Τὰ πρόσωπα ποὺ μνημονεύονται στὸ κείμενο εἶναι οἱ : Andrea Possenti, ἀστρονόμος στὸ Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) τοῦ Κάλιαρι, μελετητῆς τῶν πάλσαρ· Luigi Stella, ἀστρονόμος στὸ INAF τῆς Ρώμης, εἰδικὸς στὶς γαλαξιακὲς πηγὲς ἀκτινοβολίας Χ, στὰ ἄστρα νετρονίων καὶ στὶς μαῦρες τρύπες· Lars Bildsten, ἀστροφυσικὸς στὸ Kavli Institute for Theoretical Physics, University of California, Santa Barbara, θεωρητικὸς τῶν ἄστρων νετρονίων· Vittorio Gorini, φυσικὸς στὸ Università dell'Insubria (Como, Varese)· Alberto Vecchio, ἀστροφυσικὸς στὸ School of Physics and Astronomy, University of Birmingham, εἰδικὸς σὲ προβλήματα ποὺ ἀφοροῦν τὴν ἀνίχνευση βαρυτικῶν κυμάτων.

ΤΟ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ ΤΟΥ 2004, ὁ μεγάλος ἀστροφυσικὸς Stephen Hawking ζητᾷ νὰ συμμετάσχει στὴ 17ῃ Διεθνῇ Συνάντησι γιὰ τὴ Γενικὴ Σχετικότητα καὶ τὴ Βαρύτητα, στὸ Δουβλίνο. Ὁμολογεῖ ὅτι ἔχασε τὸ στοίχημα ποὺ εἶχε βάλει τὴ δεκαετία τοῦ '70 ἐναντίον τοῦ John Preskill. Ὁ κόσμος ἀγωνιᾷ, ἀλλὰ ποίος καταλαβαίνει περὶ τίνος πρόκειται πραγματικά; Ἡ Μόνικα Κόλπι μᾶς ἐξηγεῖ αὐτὸ τὸ ἐκπληκτικὸ γεγονὸς, τὸ ὁποῖο θέτει ὑπὸ νέα προοπτικὴ τὸ ζήτημα τῶν μαύρων ὀπῶν καὶ τῆς μνήμης τους, τὸ πρόβλημα τῶν πληροφοριῶν ποὺ μποροῦν νὰ μᾶς μεταδώσουν σχετικὰ μὲ τὸν σχηματισμὸ τους καὶ τὸν ἑαυτὸ τους, καθὼς καὶ τῶν πληροφοριῶν ποὺ χάνονται γιὰ πάντα.

ISBN 978-960-325-767-7



9 789603 257677