

Περί χρόνου

Η ΑΝΟΛΟΚΛΗΡΩΤΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΪΝΣΤΑΪΝ

Σειρά: *Επιστήμη - Φυσική, Αστρονομία, Κοσμολογία*
Μετάφραση: *Θάνος Χριστακόπουλος*
Υπεύθυνος έκδοσης: *Θεόδωρος Πενέσης*
Φιλολογική επιμέλεια: *Ευαγγελία Δημητριάδου*
Επιστημονική επιμέλεια: *Θεόδωρος Πενέσης*
Σχεδιασμός εξωφύλλου: *Ιάκωβος Γαβαλάς*

Τίτλος πρωτοτύπου
ABOUT TIME
EINSTEIN' S UNFINISHED REVOLUTION
Συγγραφέας: Paul Davies

Copyright © 1995 by Orion Productions.
All rights reserved

Για την ελληνική γλώσσα
Copyright © 2008 «ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΟΥΚΑΜΙΣΑΣ»

ISBN: 978-960-6881-01-5

Απαγορεύεται η με οποιοδήποτε τρόπο, μέσο και μέθοδο αναδημοσίευση, αναπαραγωγή ή διασκευή του παρόντος έργου στο σύνολό του ή τμηματικά χωρίς την έγγραφη άδεια των εκδοτών (Νόμος 2121/93)



Σωτήρος & Αλκιβιάδου 132, Τ.Κ. 185 35 Πειραιάς,
Τηλ.: 210 4112507, Fax: 210 4116752
Web site: <http://www.poukamisas.gr>, e-mail: publications@poukamisas.gr

Περί χρόνου

Η ΑΝΟΛΟΚΛΗΡΩΤΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΪΝΣΤΑΪΝ

ΠΟΛ ΝΤΕΪΒΙΣ

Μετάφραση: Θάνος Χριστακόπουλος

Άλλα έργα του Πολ Ντέιβις

The Physics of Times Asymmetry

Space and Time in the Modern Universe

The Runaway Universe

The Forces of Nature

Other Worlds

The Search for Gravity Waves

The Edge of Infinity

The Accidental Universe

Quantum Fields in Curved Space (with N. D. Birrell)

God and the New Physics

Superforce

Quantum Mechanics

The Ghost in the Atom (with J. R. Brown)

The Cosmic Blueprint

Fireball

Superstrings: A Theory of Everything? (with J. R. Brown)

The New Physics (editor)

The Matter Myth (with J. Gribbin)

The Mind of God

The Last Three Minutes

Are We Alone?

The Fifth Miracle

*Αφιερώνω αυτό το βιβλίο στην
πολυβασανισμένη μου οικογένεια.
Ο χρόνος που ξόδεψα
για να το γράψω ανήκει σε αυτούς.*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΜΙΑ ΠΟΛΥ ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ	25
Χρόνος ποιου πράγματος είναι εντέλει; 26 Η αναζήτηση της αιωνιότητας 28 Απόδραση από το χρόνο 31 Κυκλικόί κόσμοι και αιώνια επιστροφή 36 Ο χρόνος του Νεύτωνα και το κουρδιστό σύμπαν 38 Ο χρόνος του Αϊνστάιν 42 Μήπως το σύμπαν πεθαίνει; 44 Η επιστροφή της αιώνιας επιστροφής 49 Η απαρχή όλων αυτών 53 Συμβαίνει όταν συμβαίνει 56	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΧΡΟΝΟΣ ΓΙΑ ΑΛΛΑΓΗ	61
Μάννα εξ ουρανού 62 Αποχαιρετισμός στον αιθέρα 67 Μία έγκαιρη λύση 73 Ιντερλούδιο 77 Στρεβλώνοντας το χρόνο 79 Το παράδοξο των διδύμων 85 Αποχαιρετισμός στο παρόν 96 Ο χρόνος είναι χρήμα 99 Απόδραση από τον χρόνο 103	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΣΤΡΕΒΛΩΣΕΙΣ	115
Το φράγμα του φωτός 116 Η αέναη κίνηση και η επίπονη σύγκρουση 126 Πατί ο χρόνος τρέχει πιο γρήγορα στο διάστημα 130 Το ρολόι μέσα στο κου- τί 135 Το καλύτερο ρολόι στο σύμπαν 144 Η ηχώ που έφτασε αργά 148 Ανεβαίνοντας στον κόσμο 150	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΑΥΡΕΣ ΤΡΥΠΕΣ: ΟΙ ΠΥΛΕΣ	155
ΠΡΟΣ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ	155
Η στρέβλωση ως παράγοντας απειρισμού 156 Ένα σκοτεινό μυστήριο 161 Διαπερνώντας τον μαγικό κύκλο 166 Ένα ιδιάζον πρόβλημα 169 Πέρα από το τέλος του χρόνου 179 Υπάρχουν πράγματι εκεί έξω; 182	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Η ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ:	
ΠΟΤΕ ΑΚΡΙΒΩΣ ΣΥΝΕΒΗ;	189
Το μεγάλο ρολόι του ουρανού 190 Η μεγάλη έκρηξη και το τι συνέβη πριν από αυτή 194 Γηραιότερο από το σύμπαν; 199 Το μεγαλύτερο λάθος του Αϊνστάιν 203 Εξαπατώντας τον κόσμο 211	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Ο ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟΣ ΘΡΙΑΜΒΟΣ ΤΟΥ ΑΪΝΣΤΑΪΝ; 221	
Ο γραφικός χαρακτήρας του Θεού 222 Συνέβη ποτέ η μεγάλη έκρηξη; 226 Τι είναι κάποια δισεκατομμύρια χρόνια μεταξύ φίλων; 231 Ένα απεχθές πρό- βλημα 238 Το σύμπαν που χρονοτριβεί 241	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΚΒΑΝΤΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ	247
Ωρα να ανοιχτεί σήραγγα 248 Παρατηρούμενες χύτρες 252 Διαγράφο- ντας το παρελθόν 256 Απόκοσμα σήματα και ψυχικά σωματίδια 263 Πιο γρήγορα από το φως; 268 Ο χρόνος εξαφανίζεται! 270	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΦΑΝΤΑΣΤΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ	277
Επανεξετάζοντας τις δύο κουλτούρες 278 Πώς ξεκίνησε ο χρόνος 281 Η θεωρία των Χαρτλ-Χόκινγκ 285 Φανταστικά ρολόγια 292	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΤΟ ΒΕΛΟΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ	297
Πιάνοντας το κύμα 298 Σήματα από το μέλλον 305 Ένα ζήτημα αντι- στροφής του χρόνου 310 Το σωματίδιο που μπορεί να πει την ώρα 315 Το κυρτό σύμπαν 323	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΠΡΟΣ ΤΑ ΠΙΣΩ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ	331
Προς το ανάστροφο 332 Σκεπτόμενοι προς τα πίσω 335 Αντικόσμοι 338 Γυρίζοντας το ρολόι προς τα πίσω 341 Το μεγαλύτερο λάθος του Χόκινγκ 347 Μία ώρα για τον καθένα 348	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΤΑΞΙΔΙ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ:	
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ Ή ΦΑΝΤΑΣΙΑ;	353
Σηματοδοτώντας το παρελθόν 354 Επισκεπτόμενοι το παρελθόν 358 Χρο- νομηχανές-μαύρες τρύπες 367 Σκουληκότρυπες και χορδές 370 Παράδοξο 375	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12: ΑΛΛΑ ΤΙ ΩΡΑ ΕΙΝΑΙ ΤΩΡΑ;	381
Μπορεί ο χρόνος πραγματικά να ρέει; 382 Ο μύθος του περάσματος 386 Πετάει το βέλος του χρόνου; 388 Γιατί τώρα; 391	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟ.	401
Πόσο διαρκεί το παρόν; 402 Τώρα το βλέπεις, τώρα δεν το βλέπεις 405 Συμπληρώνοντας το χρόνο 408 Υποκειμενικός χρόνος 413 Η πίσω πόρτα στο μυαλό μας 417	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14: Η ΑΝΟΛΟΚΛΗΡΩΤΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ	423
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	430
ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ	432
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	442
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΝΝΟΙΩΝ & ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΟΡΩΝ	445
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΝΟΜΑΤΩΝ	449

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αυτό είναι το δεύτερο βιβλίο που έχω γράψει σχετικά με το θέμα του χρόνου.

Το πρώτο, δημοσιευμένο στα 1974, απευθυνόταν σε επαγγελματίες φυσικούς. Πάντοτε σκόπευα να γράψω άλλο ένα βιβλίο επ' αυτού του θέματος, για το ευρύτερο κοινό, αλλά για κάποιον αόριστο λόγο δεν βρήκα ποτέ το χρόνο. Εντέλει τα κατάφερα.

Η γοητεία που ασκεί το αίνιγμα του χρόνου είναι τόσο παλιά όσο και η ανθρώπινη σκέψη. Τα πιο πρώιμα καταγεγραμμένα τεκμήρια φανερώνουν μια σύγχυση και μια αγωνία για τη φύση του χρόνου. Ένα μεγάλο μέρος της ελληνικής φιλοσοφίας αφορούσε τη νοηματοδότηση των εννοιών περί αιωνιότητας σε αντίθεση προς αυτές της παροδικότητας. Το ζήτημα του χρόνου είναι κεντρικό σε όλες τις θρησκείες του κόσμου και έχει αποτελέσει για αιώνες την πηγή μεγάλης δογματικής διαμάχης.

Αν και ο χρόνος υπεισήλθε στην επιστήμη ως μετρήσιμη ποσότητα με το έργο των Γαλιλαίου και Νεύτωνα, στον παρόντα αιώνα έχει εξελιχθεί σε αυτόνομο θέμα. Ο Άλμπερτ Αϊνστάιν ευθύνεται, περισσότερο από οποιονδήποτε άλλον, γι' αυτή την πρόοδο. Η ιστορία του χρόνου κατά τον εικοστό αιώνα είναι ως επί το πλείστον η ιστορία του χρόνου του Αϊνστάιν. Αν και αφηγούμαι ορισμένες βιογραφικές λεπτομέρειες, όπου αυτό ήταν κατάλληλο, ωστόσο αυτό το βιβλίο δεν είναι μια βιογραφία του Αϊνστάιν, επειδή πολλές είναι εκείνες που έχουν κάνει την εμφάνισή τους μετά την επέτειο των εκατό χρόνων από τη γέννησή του το 1979. Ούτε και έχω ξεκινήσει

να γράφω μια συστηματική και περιεκτική μελέτη του χρόνου. Εκείνο που έχω επιλέξει είναι μια συλλογή θεμάτων που προσωπικά θεωρώ ότι διεγείρουν ιδιαίτερα την περιέργεια ή είναι μυστηριώδη και τα έχω χρησιμοποιήσει ώστε να σκιαγραφήσω τις γενικές αρχές του χρόνου όπως έχουμε καταλήξει να τις κατανοούμε.

Αν και η θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν έχει ηλικία σχεδόν ενός αιώνα, οι αλλόκοτες προβλέψεις της συνεχίζουν να μην είναι ευρύτερα γνωστές. Μονίμως οι άνθρωποι μαθαίνουν γι' αυτές με απόλαυση, φόβο και σύγχυση. Ένα μεγάλο μέρος του βιβλίου είναι αφιερωμένο στο να καλύψει τις πιο άμεσες συνέπειες της θεωρίας· ωστόσο, το γενικό συμπέρασμα στο οποίο καταλήγω είναι ότι απέχουμε πολύ από το να διαθέτουμε μια καλή γνώση της έννοιας του χρόνου. Το έργο του Αϊνστάιν αποτέλεσε το έναυσμα μιας επανάστασης στην κατανόησή μας γι' αυτό το θέμα, αλλά οι επιπτώσεις του θα πρέπει ακόμη να γίνουν αντικείμενο πλήρους επεξεργασίας. Ένα μεγάλο μέρος της θεωρίας της σχετικότητας παραμένει ακόμη ανεξερεύνητη περιοχή ενώ κρίσιμα θέματα, όπως αυτό της δυνατότητας ταξιδιού στο χρόνο, έχουν τύχει προσοχής μόνο πολύ πρόσφατα. Επίσης, υπάρχουν πρωταρχικής σημασίας προβλήματα τα οποία υπαινίσσονται περιορισμούς που εδράζονται βαθιά μέσα στη θεωρία· ασυμφωνίες αναφορικά με την ηλικία του σύμπαντος και εμπόδια στην ενοποίηση του χρόνου του Αϊνστάιν με την κβαντική φυσική είναι δύο από τις πιο επίμονες δυσκολίες. Μεγαλύτερη δυσαρέσκεια ίσως προκαλεί το γεγονός ότι ο χρόνος του Αϊνστάιν διαφωνεί με το χρόνο όπως τον βιώνουμε εμείς οι ανθρώπινες υπάρξεις. Όλα αυτά με οδηγούν στην πίστη ότι πρέπει να εναγκαλισθούμε τις ιδέες του Αϊνστάιν αλλά και να προχωρήσουμε. Συχνά η ορθόδοξη περιγραφή του χρόνου μάς αφήνει έρημους, περιβεβλημένους από σωρεία αιγιμάτων και παραδόξων. Κατά την άποψή μου, ο χρόνος του Αϊνστάιν είναι ακατάλληλος να εξηγήσει πλήρως το φυσικό σύμπαν και την αντίληψή μας γι' αυτό.

Η επιστημονική μελέτη του χρόνου έχει αποδειχθεί συνταρακτική, αποπροσανατολιστική και ξαφνιαστική. Επίσης, είναι περιπλεγμένη. Έχω γράψει αυτό το βιβλίο για τον αναγνώστη ο οποίος δεν διαθέτει την επιστημονική ή μαθηματική γνώση του ειδικού. Η τε-

χνική ορολογία περιορίζεται σε ελάχιστο βαθμό, ενώ αποφεύγονται οι αριθμητικές τιμές εκτός από τις απολύτως αναγκαίες. Ωστόσο, δεν μπορώ να αρνηθώ το γεγονός ότι το θέμα είναι πολύπλοκο και διανοητικά προκλητικό. Για να υποβάλω σε δοκιμασία αλλά και για να απαλύνω κάπως την προσπάθεια κατανόησης, έχω προσφύγει στην επινόηση της εισαγωγής ενός φανταστικού πράου σκεπτικιστή ο οποίος μπορεί να απηχεί από καιρού εις καιρόν τις ενστάσεις ή τις απορίες του ίδιου του αναγνώστη. Παρ' όλα αυτά, μετά την ανάγνωση αυτού του βιβλίου, μπορεί επίσης να είστε ακόμη πιο μπερδεμένοι για την έννοια του χρόνου απ' ό,τι ήσασταν προηγουμένως. Εντάξει· εγώ ήμουν περισσότερο μπερδεμένος μετά τη συγγραφή του.

Είναι πολλοί εκείνοι που με έχουν βοηθήσει να διαμορφώσω τις ιδέες μου για το χρόνο με την πάροδο των ετών. Έχω ωφεληθεί ιδιαιτέρως από συζητήσεις και διαμάχες που είχα με τους Τζον Μπάροου, Γιώργο Ευσταθίου, Μιούρεϊ Γκέλμαν, Ίαν Μος, Τζέιμς Χαρτλ, Στέφεν Χόκινγκ, Ντον Πέιτζ, Ρότζερ Πένροουζ, Φράνκ Τίπλερ, Ουίλιαμ Άνροου και Τζον Ουίλερ. Εντός του κειμένου αναφέρονται και άλλα πρόσωπα των οποίων το έργο με έχει επηρεάσει. Ευχαριστίες θα πρέπει επίσης να απευθυνθούν στους στενούς συνεργάτες και φίλους μου οι οποίοι έχουν προσφέρει πολλές χρήσιμες ιδέες και διεισδυτικές σκέψεις επί του θέματος. Πρόκειται για τους Νταϊάν Άντι, Ντέιβιντ Μπλερ, Μπρους Ντόουσον, Ρότζερ Κλέι, Φίλιπ Ντέιβις, Σούζαν Ντέιβις, Μάικλ Ντράπερ, Ντενίς Γκάμπι, Μιούρεϊ Χάμιλτον, Ανγκάκ Χερστ, Αντριου Ματάτζ, Τζέιμς Μακάρθι, Τζάσπερ Μιούνχ, Γκράχαμ Νέρλιχ, Στέφεν Πολέτι, Πίτερ Ζέκερες, Τζέισον Τόουνλι και Ντέιβιντ Ουίλσαϊρ.

Τελευταία αλλά επ' ουδενί τρόπο λιγότερο σημαντική είναι η Ανν Μαρί Γκρισογκόνο, της οποίας η κριτική ανάγνωση του χειρογράφου και οι προκλητικές συζητήσεις επί του θέματος έχουν αποδειχθεί ανεκτίμητες.

Αδελαΐδα, Νότια Αυστραλία

Χθες βράδυ είδα την Αιωνιότητα

Σαν ένα μεγάλο δαχτυλίδι αγνού και απέραντου φωτός

Ατάραχο καθώς ήταν φωτεινό,

Και τριγύρω ανάξιος της, ο Χρόνος σε ώρες, μέρες, χρόνια,

Να σπρώχνεται από τις σφαίρες

Όπως κινείται μια απέραντη σκιά· που μέσα της

έχουν εκσφενδονιστεί ο κόσμος κι όλες οι πομπές του...

ENPI BON

Ο Κόσμος

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι βίοι όλων των μεγάλων ανθρώπων μάς θυμίζουν ότι μπορούμε να κάνουμε τους δικούς μας θαυμαστούς και, ξεκινώντας, να αφήσουμε πίσω μας χνάρια πάνω στις αμμουδιές του χρόνου.

X. ΛΟΝΓΚΦΕΛΟΥ

Όλοι λατρεύουν κάποιον ήρωα. Από την ελληνική μυθολογία μέχρι τη σύγχρονη εποχή των αστέρων της ποπ μουσικής και τα «ιερά τέρατα» του αθλητισμού, τα εκπληκτικά επιτεύγματα μερικών ανθρώπων έχουν αποδειχθεί πολύ πιο συναρπαστικά από εκείνα του κοινωνικού συνόλου. Η επιστήμη δεν αποτελεί εξαίρεση. Ο Αριστοτέλης, ο Γαλιλαίος Γαλιλέι, ο Ισαάκ Νεύτωνας, ο Κάρολος Δαρβίνος – ονόματα που ξεχωρίζουν ως εκείνα που ταρακούνησαν και υποκίνησαν επιστημονικές επαναστάσεις. Σε αυτή τη λίστα ονομάτων από επιστημονικές ιδιοφυΐες, υπάρχει κάποιο όνομα που συμβολίζει τόσο τη διανοητική σπριττάδα όσο και την υποδαύλιση της δραματικής μεταστροφής της κοσμοθεώρησής μας: αυτό του Άλμπερτ Αϊνστάιν. Όντας θρύλος ήδη όσο βρισκόταν εν ζωή, ο Αϊνστάιν συγκεντρώνει όλα όσα το κοινό συνδέει με την έννοια της επιστημονικής αρετής. Διέθετε εκκεντρικό και ατημέλητο παρουσιαστικό, μιλούσε αγγλικά με γερμανική προφορά, οι θεωρίες του έβριθαν από απόκρυφα μαθηματικά ενώ, απ' ό,τι φαίνεται, παρήγαγε τις πιο εικονοκλαστικές ιδέες του σχεδόν αβοήθητος, συλλέγοντας παράξενες νέες ιδέες από μια αφηρημένη πλατωνική επικράτεια και ανακαλύπτοντας ότι η φύση συμμορφωνόταν υποχρεωτικά με αυτές.

Όπως συμβαίνει με όλους τους μύθους, αυτός του επιστήμονα Αϊνστάιν εμπεριέχει κάποιο μέτρο αλήθειας. Ήταν ιδιοφυΐα, επαναστατικοποίησε την επιστήμη, αν και για κανένα λόγο το έργο του δεν θεωρείται στο μέγιστο βαθμό προϊόν δικών του κόπων. Επίσης, ήταν πεισματάρης και υπέπεσε σε λάθη σε μερικές από τις επιστημο-

νικές ιδέες του. Ο άνθρωπος Αϊνστάιν –ο σύζυγος, ο πατέρας, ο φιλόσοφος, ο μουσικός, και η παγκόσμια πολιτική προσωπικότητα– είναι πολύ πιο πολύπλοκο άτομο. Η λατρεία που περιέβαλλε αυτή την αινιγματική φιγούρα για δεκαετίες απογυμνώνεται σιγά σιγά, ύστερα από έναν περίπου αιώνα μετά τη γέννησή του, με την εμφάνιση ενός πλήθους βιογραφιών του είδους «ανεξαρτήτως ελαττωμάτων», που τον κατατάσσουν στο ίδιο επίπεδο με εκείνο της ανθρώπινης υπαρξης.

Ωστόσο, ο Αϊνστάιν ήταν πάνω απ' όλα άνθρωπος της εποχής του. Με την καμπή του αιώνα η φυσική είχε φτάσει σε περιέργα σταυροδρόμια. Αποτελούσε πλέον ώριμο αντικείμενο, με καλά δοκιμασμένες και ελεγμένες διαδικασίες, καθώς επίσης και με εντυπωσιακό αρχείο καταγραφών. Στο μυαλό κάποιων ενθουσιώδων φυσικών, ο όλος κλάδος πλησίαζε την τελειότητα. Ήταν δυνατό να πιστέψουν ότι όλα τα φυσικά φαινόμενα ερμηνεύονταν με συνέπεια και ακρίβεια σύμφωνα, με τους νόμους του Νεύτωνα για την κίνηση και τη βαρύτητα, με τη θεωρία του Μάξουελ για τον ηλεκτρομαγνητισμό, με τους νόμους της θερμοδυναμικής και με μια χούφτα επιπλέον αρχών. Από αυτή την άποψη, η φυσική προς το τέλος του δεκάτου ενάτου αιώνα έμοιαζε με τη φυσική στα τέλη του εικοστού αιώνα. Μια περικλείουσα τα πάντα τελική θεωρία –μια θεωρία των Πάντων– βρισκόταν εντός των πλαισίων της κατανόησης. Δυστυχώς τότε, όπως και τώρα, ορισμένα επίμονα μυστήρια επισκίαζαν μια, κατά τα άλλα, λαμπρή καταγραφή επιτυχιών. Στο πειραματικό μέτωπο, η ανακάλυψη της ραδιενεργού ακτινοβολίας υπέδειξε έναν ενεργειακό κόσμο εντός του ατόμου που βρίσκεται πέρα από την εμβέλεια της βαρύτητας ή του ηλεκτρομαγνητισμού. Η μεγάλη ηλικία της Γης, όπως συναγόταν από την καταγραφή των απολιθωμάτων της, δεν συμφωνούσε με τους υπολογισμούς οποιασδήποτε γνωστής διαδικασίας που μπορεί να κάνει τον Ήλιο να λάμπει συνεχώς· ενώ οι οξείες γραμμές στα φάσματα των αερίων αψηφούσαν οποιοδήποτε ρεαλιστικό μοντέλο του ατόμου.

Πιο σοβαρά, ασυνέπειες που υπήρχαν στις ίδιες τις θεμελιακές θεωρίες βρίσκονταν σαν κρυμμένοι ύφαλοι, περιμένοντας να βυθίσουν το περήφανο πλοίο της «κλασικής» φυσικής. Η πλήρης θεωρία του

κόσμου κατασκευάζεται από συνιστώσες που δεν εναρμονίζονται κατάλληλα μεταξύ τους. Απ' την άποψη αυτή, υπήρχαν δύο ιδιαίτερα εκνευριστικές παραδοξότητες, που τελικά συμπεριελήφθησαν στην ημερήσια διάταξη των φυσικών.

Το πρώτο πρόβλημα αφορούσε τη συγχώνευση της θεωρίας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με τη θερμοδυναμική. Καθένα από αυτά τα αντικείμενα μελέτης, από μόνο του, ήταν πολύ επιτυχημένο. Οι ηλεκτρομαγνητικές εξισώσεις του Μάξουελ εξηγούσαν με κομψό τρόπο το πώς συνυφαίνονται ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία, ενώ παρείχαν μια θεωρητική βάση για πρακτικές συσκευές, όπως οι ηλεκτροκινητήρες και τα δυναμό. Επίσης, είχαν οδηγήσει στη σωστή πρόβλεψη των ραδιοκυμάτων και επεξηγούσαν πειστικά τις ιδιότητες του φωτός με όρους ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Οι νόμοι της θερμοδυναμικής ήταν εξίσου εντυπωσιακοί, επεξηγώντας όχι μόνο τη λειτουργία θερμικών μηχανών, ατμομηχανών και μηχανών ψύξης, αλλά και τις ιδιότητες των αερίων και των χημικών αντιδράσεων. Παρ' όλα αυτά, κατά το πάντρεμα αυτών των δύο μεγάλων θεωρητικών σχημάτων, ανέκυψε ένα καταστροφικό παράδοξο. Σύμφωνα με τη μοντέρνα εικόνα, ο χώρος αποτελείται από μια αόρατη ουσία που καλείται φωτεινός αιθέρας. Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία αντιμετωπίζονταν ως εντάσεις ή παραμορφώσεις εντός αυτού του μέσου. Το πρόβλημα ήταν ότι ο υποθετικός αιθέρας διέθετε απεριόριστη θερμοχωρητικότητα, μια ακόρεστη όρεξη για θερμότητα. Τίποτα δεν μπορούσε να αποτρέψει τη συνηθισμένη ύλη από τη βαθμιαία παράδοση όλης της θερμότητάς της στον αιθέρα, με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών ταλαντώσεων με αυθαίρετα υψηλή συχνότητα. Τούτη η πρόδηλα αναπόφευκτη αστάθεια υποδήλωνε ότι τα υλικά σώματα δεν θα ήταν ικανά να διατηρήσουν τη θερμοκρασία τους, ή να παραμείνουν σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον – σε κραυγαλέα αντίθεση με την κοινή λογική και τις πειραματικές ενδείξεις.

Το δεύτερο πρόβλημα σχετιζόταν επίσης με τον ηλεκτρομαγνητισμό, αυτή τη φορά όμως με την περιγραφή κινούμενων ηλεκτρικών φορτίων. Υπήρχε ένας ανεπαίσθητος αλλά βαθύς ανταγωνισμός ανάμεσα στη θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού του Μάξουελ και στους νόμους της κίνησης του Νεύτωνα. Οι νόμοι του Νεύτωνα θεωρού-

νταν ως το θεμελιακό δόγμα της φυσικής επιστήμης και είχαν χρησιμεύσει επί μακρόν ως μοντέλο για όλες τις επιστημονικές περιγραφές που αφορούσαν την έννοια της μεταβολής. Διατυπωμένοι κατά τον δέκατο έβδομο αιώνα, μέχρι τα τέλη του δεκάτου ενάτου αιώνα, επέδειξαν λαμπρή αντοχή στη δοκιμασία του χρόνου. Κι όμως, ήρθαν σε σύγκρουση με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία, όχι μόνο σε τεχνικές λεπτομέρειες, αλλά με τον πιο θεμελιακό τρόπο, που αφορούσε τον τρόπο με τον οποίο ενσωμάτωναν την έννοια της κίνησης.

Και οι δύο αυτές ασυνέπειες, όπως θα εξηγηθεί στα επόμενα κεφάλαια, αφορούσαν τη φύση του χρόνου. Η πρώτη –η σύγκρουση ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας και θερμοδυναμικής– ανέκυψε από μια απόπειρα κατανόησης του αποκαλούμενου βέλους του χρόνου, του γεγονότος ότι οι περισσότερες φυσικές διαδικασίες διαθέτουν βαθιά δομημένη κατευθυντικότητα, που εκδηλώνεται ιδιαίτερα στην κατεύθυνση της ροής θερμότητας (από το ζεστό προς το κρύο). Η δεύτερη ενέπλεκε μια σύγκρουση ανάμεσα στην έννοια του Νεύτωνα περί ενός απόλυτου χρόνου και στη σχετικότητα της κίνησης, όπως εφαρμοζόταν σε ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια.

Πριν από το τέλος της πρώτης δεκαετίας του εικοστού αιώνα, αυτά τα δύο θεωρητικά προβλήματα είχαν παραμερίσει με πολύ απλό τρόπο την παραδοσιακή ή κλασική φυσική και είχαν δρομολογήσει όχι μία αλλά δύο κύριες επιστημονικές επαναστάσεις. Απόρροια του πρώτου αινίγματος ήταν η κβαντομηχανική, μια ολοκληρωτικά νέα και ιδιαίτερα παράξενη θεωρία της ύλης – τόσο παράξενη που ακόμη και σήμερα πολλοί άνθρωποι δυσκολεύονται να πιστέψουν. Ο Αϊνστάιν, καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του, αρνήθηκε να αποδεχθεί τις αλλόκοτες συνέπειές της. Το δεύτερο αίνιγμα ανέδειξε τη θεωρία της σχετικότητας. Ο Αϊνστάιν διαδραμάτισε ρόλο-κλειδί και στις δύο επαναστάσεις, αλλά συνδέεται, ως επί το πλείστον, με τη θεωρία της σχετικότητας.

Η λέξη «σχετικότητα» αναφέρεται, στη συγκεκριμένη περίπτωση, στο στοιχειώδες γεγονός ότι η εμφάνιση του κόσμου που μας περιβάλλει εξαρτάται από την κατάσταση της κίνησής μας: είναι «σχετική». Κάτι τέτοιο είναι προφανές σε απλές περιπτώσεις: ακόμη και στην καθημερινότητα. Αν στεκόμαστε στην εξέδρα ενός σιδηροδρομικού σταθμού, η ταχεία αμαξοστοιχία που έρχεται μουγκρίζοντας

φαίνεται να κινείται πολύ γρήγορα, ενώ, αν επιβαίνουμε στο τρένο, ο σταθμός φαίνεται να απομακρύνεται. Αυτή η προφανής και αδιαφιλονίκητη σχετικότητα της κίνησης ήταν γνωστή στον Γαλιλαίο και ενσωματώθηκε στο οικοδόμημα της μηχανικής του Νεύτωνα κατά τον δέκατο έβδομο αιώνα. Εκείνο που μετέπειτα ανακάλυψε ο Αϊνστάιν είναι ότι δεν είναι σχετική μόνο η κίνηση αλλά και ο χώρος και ο χρόνος. Αυτός ο ισχυρισμός ήταν αρκετά ενοχλητικός και ενάντια στην άμεση εποπτεία. Όπως θα δούμε, ο χρόνος του Αϊνστάιν προκαλεί τις κοινότοπες έννοιες που έχουμε περί πραγματικότητας με τον πιο αναπάντεχο τρόπο.

Για τους επιστήμονες του δεκάτου ενάτου αιώνα ήταν δυνατή η πίστη ότι η φυσική θα ήταν πλήρης αν υπολόγιζε τις δυνάμεις που δρουν μεταξύ των σωματιδίων της ύλης και τον τρόπο που εκείνα κινούνται υπό την επίδραση των συγκεκριμένων δυνάμεων. Αυτό ήταν όλο το καταστάλαγμα: δυνάμεις και κίνηση. Τα ίδια τα σωματίδια και η χωροχρονική αρένα εντός της οποίας κινούνται απλώς εικάζονταν. Τα είχε δώσει ο Θεός. Αν η φύση συγκρινόταν με ένα μεγάλο κοσμικό δράμα στο οποίο οι ρόλοι διανέμονταν στα περιεχόμενα του σύμπαντος –τα διάφορα άτομα της ύλης– ενώ ο χώρος και ο χρόνος αποτελούν τη σκηνή, οι επιστήμονες θεωρούσαν ότι η εργασία τους περιορίζεται αποκλειστικά στην ανεύρεση της πλοκής.

Σήμερα, οι φυσικοί δεν θα θεωρούσαν την εργασία πλήρη αν δεν διέθεταν μία καλή εξήγηση της όλης διαδικασίας: της διανομής των ρόλων, της σκηνής και του έργου. Δεν θα περίμεναν καμία ερμηνεία της ύπαρξης και των ιδιοτήτων όλων των σωματιδίων της ύλης που συνθέτουν τον κόσμο, της φύσης του χώρου και του χρόνου, και όλου του ρεπερτορίου των δράσεων, στις οποίες μπορούν να εμπλακούν αυτές οι οντότητες. Η μεγαλύτερη συμβολή του Αϊνστάιν ήταν να δείξει ότι ο διαχωρισμός μεταξύ διανομής ρόλων και σκηνής ήταν τεχνητός. Ο χώρος και ο χρόνος αποτελούν *τμήμα της διανομής των ρόλων*· διαδραματίζουν πλήρη και ενεργό ρόλο στο μεγάλο δράμα της φύσης. Όπως προκύπτει, ο χώρος και ο χρόνος δεν είναι απλώς «εκεί» ως αμετάβλητο σκηνικό της φύσης· είναι *φυσικά* στοιχεία, μεταλλασσόμενα, εύπλαστα, και υπόκεινται, όχι λιγότερο απ' την ύλη, σε φυσικούς νόμους.