

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

# Χώρος και χρόνος

Τι σημαίνουν για εσάς οι λέξεις «χώρος» και «χρόνος»; Ίσως να φαντάζεστε τον χώρο σαν το σκοτεινό διάστημα ανάμεσα στα άστρα καθώς στρέφετε το βλέμμα σας προς τον ουρανό μια κρύα χειμωνιάτικη νύχτα. Ή ίσως να έρχεται στον νου σας το κενό ανάμεσα στη Γη και τη Σελήνη στο οποίο αρμενίζει ένα διαστημόπλοιο καλυμμένο με χρυσαφί μεταλλικό φύλλο και στολισμένο με αστεράκια και λωρίδες [Σ.τ.Μ.: της σημαίας των ΗΠΑ], που το πιλοτάρουν μέσα στη μεγαλειώδη έρημη απεραντοσύνη εξερευνητές με ξυρισμένα κεφάλια και ονόματα όπως Μπαζ. Ο χρόνος ίσως να είναι το ρυθμικό «τικ-τακ» του ρολογιού σας ή το κοκκίνισμα των φύλλων καθώς η ετήσια περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο μετακινεί τα βόρεια γεωγραφικά πλάτη προς τη σκιά για 5-δισεκατομμυριοστή φορά. Όλοι μας έχουμε μια ενστικτώδη αίσθηση για τον χώρο και τον χρόνο· είναι μέρος της υφής της ύπαρξής μας. Κινούμαστε μέσα στον χώρο στην επιφάνεια του γαλάζιου κόσμου μας καθώς κυλάει ο χρόνος.

Στα τέλη του δέκατου ένατου αιώνα, μια σειρά από ρηξικέλευθες επιστημονικές ανακαλύψεις σε φαινομενικά ασύνδετα πεδία ανάγκασαν για πρώτη φορά τους φυσικούς να επανεξετάσουν αυτές τις απλές και διαισθητικές εικόνες του χώρου και του χρόνου. Στις αρχές του εικοστού αιώνα, οι εξελίξεις αυτές παρακίνησαν τον συνεργάτη και δάσκαλο του Άλμπερτ Αϊνστάιν Hermann Minkowski να γράψει τη, διάσημη πλέον, νεκρολογία του για τον πανάρχαιο στίβο στον οποίο διαγράφουν τις τροχιές τους οι πλανήτες και λαμβάνουν χώρα τα μακρινά ταξίδια: «Εφεξής, ο χώρος καθεαυτός, και ο χρόνος καθεαυτός, έχουν εκπέσει σε απλές σκιές, και το μόνο που έχει αυθύπαρκτη υπόσταση είναι ένα είδος μείγματος των δύο».

Τι θα μπορούσε να σημαίνει η φράση του Minkowski «μείγμα του χώρου και του χρόνου»; Για να καταλάβουμε αυτή την πρόταση, που ακούγεται σχεδόν μυστικιστική, θα πρέπει να κατανοήσουμε την ειδική θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν – τη θεωρία που εισήγαγε στον κόσμο την πιο διάσημη από όλες τις εξισώσεις,  $E = mc^2$ , και έθεσε οριστικά και αμετάκλητα στο

επίκεντρο της κατανόησής μας για την υφή του σύμπαντος την ποσότητα που συμβολίζουμε με το γράμμα  $c$ , την ταχύτητα του φωτός.

Η ειδική θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν είναι, στον πυρήνα της, μια περιγραφή του χώρου και του χρόνου. Κεντρική θέση στη θεωρία κατέχει η έννοια μιας ιδιαίτερης ταχύτητας, μιας ταχύτητας την οποία δεν μπορεί να υπερβεί τίποτα στο σύμπαν, με όση ισχύ κι αν επιταχυνθεί. Η ταχύτητα αυτή είναι η ταχύτητα του φωτός, 299.792.458 μέτρα το δευτερόλεπτο, στο κενό του άδειου χώρου. Με αυτή την ταχύτητα, μια ακτίνα φωτός που έχει εκπεμφθεί από τη Γη χρειάζεται οκτώ λεπτά για να προσπεράσει τον Ήλιο, 100.000 χρόνια για να διασχίσει τον Γαλαξία μας, και πάνω από 2 εκατομμύρια χρόνια για να φτάσει στον κοντινότερο γαλαξιακό μας γείτονα, την Ανδρομέδα. Απόψε, τα μεγαλύτερα τηλεσκόπια της Γης, στραμμένα στη σκοτεινή έκταση του σύμπαντος, θα συλλάβουν αρχαίο φως από μακρινούς, νεκρούς προ πολλού, ήλιους στις παρυφές του παρατηρήσιμου σύμπαντος. Το φως αυτό ξεκίνησε το ταξίδι του πριν από πάνω από 10 δισεκατομμύρια χρόνια, δηλαδή δισεκατομμύρια χρόνια προτού να σχηματιστεί η Γη από την κατάρρευση ενός νέφους μεσοαστρικής σκόνης. Αν και η ταχύτητα του φωτός είναι δυσθεώρητα μεγάλη, δεν είναι σε καμία περίπτωση άπειρη. Όταν βρίσκεται αντιμέτωπη με τις μεγάλες αποστάσεις ανάμεσα στα άστρα, η ταχύτητα του φωτός φαίνεται απελπιστικά μικρή· αρκετά μικρή ώστε να μπορούμε να επιταχύνουμε πολύ μικρά αντικείμενα μέχρι μια ταχύτητα που απέχει ελάχιστα από αυτή (ένα μικρό κλάσμα του ένα τοις εκατό) με διατάξεις όπως ο περιμέτρου 27 χιλιομέτρων Μεγάλος Συγκρουστήρας Αδρονίων του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Πυρηνικών Ερευνών (CERN) στη Γενεύη.

Η ύπαρξη μιας τέτοιας ιδιαίτερης ταχύτητας, ενός κοσμικού ορίου ταχύτητας, είναι μια παράξενη έννοια. Όπως θα δούμε παρακάτω σε αυτό το βιβλίο, η σύνδεση αυτής της ιδιαίτερης ταχύτητας με την ταχύτητα του φωτός είναι τελικά κάπως παραπλανητική. Η ταχύτητα αυτή έχει έναν πολύ βαθύτερο ρόλο στο σύμπαν του Αϊνστάιν, και υπάρχει σημαντικός λόγος που το φως κινείται με τη συγκεκριμένη ταχύτητα. Θα μιλήσουμε για αυτό το θέμα παρακάτω. Προς το παρόν, θα αναφέρουμε απλώς ότι όταν τα αντικείμενα πλησιάζουν αυτή την ιδιαίτερη ταχύτητα, συμβαίνουν κάποια παράξενα πράγματα. Μόνο έτσι θα μπορούσε ένα αντικείμενο να εμποδίζεται από το να επιταχυνθεί πέρα από αυτή την ταχύτητα. Είναι σαν να υπήρχε ένας παγκόσμιος νόμος της φυσικής που εμποδίζει το αυτοκίνητό μας να ξεπεράσει τα εκατό χιλιόμετρα την ώρα, όσο ισχυρός κι αν είναι ο κινητήρας του. Ωστόσο, αντίθετα από ένα όριο ταχύτητας του κώδικα οδικής κυκλοφορίας, τον συγκεκριμένο νόμο δεν χρειάζεται να τον επιβάλλει κάποιου είδους αστυνομία του αιθέρα. Η ίδια η υφή του χώρου και του χρόνου είναι δομημένη με τέτοιο τρόπο που είναι απολύτως αδύνατο να παραβιαστεί ο νόμος, πράγμα που αποδεικνύεται εξαιρετικά ευτυ-

χές, διότι διαφορετικά θα υπήρχαν πολύ δυσάρεστες συνέπειες. Όπως θα δούμε παρακάτω, αν ήταν δυνατόν να υπερβούμε την ταχύτητα του φωτός, θα μπορούσαμε να κατασκευάσουμε μηχανές του χρόνου ικανές να μας μεταφέρουν σε οποιοδήποτε χρονικό σημείο του παρελθόντος. Θα μπορούσαμε να φανταστούμε ότι ταξιδεύουμε προς τα πίσω σε μια χρονική στιγμή όπου δεν είχαμε γεννηθεί και, κατά λάθος ή από πρόθεση, εμποδίζουμε τους γονείς μας να γνωριστούν οποτεδήποτε στη ζωή τους. Αν και αυτό θα αποτελούσε ένα εξαιρετικό σενάριο για κάποιο βιβλίο επιστημονικής φαντασίας, δεν μπορεί να φτιαχτεί ένα σύμπαν με αυτό τον τρόπο, και όπως ανακάλυψε ο Αϊνστάιν το σύμπαν πράγματι δεν είναι φτιαγμένο με αυτό τον τρόπο. Ο χώρος και ο χρόνος είναι περίτεχνα συνυφασμένοι μεταξύ τους με έναν τρόπο που εμποδίζει να συμβούν τέτοιου είδους παράδοξα. Υπάρχει όμως και ένα τίμημα που θα πρέπει να καταβάλουμε για αυτό: θα πρέπει να απαγκιστρωθούμε από τις βαθιά ριζωμένες αντιλήψεις μας για τον χώρο και τον χρόνο. Το σύμπαν του Αϊνστάιν είναι ένα πεδίο όπου τα κινούμενα ρολόγια λειτουργούν πιο αργά, τα κινούμενα αντικείμενα συρρικνώνονται, και μπορούμε να ταξιδέψουμε δεσεκατομμύρια χρόνια στο μέλλον. Είναι ένα σύμπαν όπου η διάρκεια της ζωής ενός ανθρώπου μπορεί να εκταθεί σχεδόν επ' αόριστον. Θα μπορούσαμε να δούμε τον Ήλιο να πεθαίνει, τους ωκεανούς της Γης να βράζουν και να εξατμίζονται, και το ηλιακό μας σύστημα να βυθίζεται σε αιώνια νύχτα. Θα μπορούσαμε να δούμε τη γέννηση άστρων από στροβιλιζόμενα νέφη σκόνης, τον σχηματισμό πλανητών, και ίσως την απαρχή ζωής σε νέους κόσμους που δεν έχουν σχηματιστεί ακόμα. Το σύμπαν του Αϊνστάιν μάς επιτρέπει να ταξιδέψουμε στο μακρινό μέλλον, κρατώντας ταυτόχρονα τις πύλες του παρελθόντος ερμητικά κλειστές πίσω μας.

Στην πορεία αυτού του βιβλίου, θα δούμε πώς ο Αϊνστάιν κατέληξε αναπόδραστα σε αυτού του είδους τη φανταστική εικόνα του σύμπαντός μας, και πώς η εικόνα αυτή έχει αποδειχθεί σωστή σε πολυάριθμα επιστημονικά πειράματα και σε πολλές τεχνολογικές εφαρμογές. Το σύστημα δορυφορικής πλοήγησης του αυτοκινήτου μας, για παράδειγμα, είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να συνυπολογίζει το γεγονός ότι τα ρολόγια λειτουργούν με διαφορετικό ρυθμό στους δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά απ' ό,τι στο έδαφος. Η εικόνα του Αϊνστάιν είναι ριζοσπαστική: ο χώρος και ο χρόνος δεν είναι αυτό που φαίνονται να είναι.

Αλλά προτρέχουμε. Για να καταλάβουμε και να εκτιμήσουμε τη ριζοσπαστική ανακάλυψη του Αϊνστάιν, θα πρέπει πρώτα να σκεφτούμε πολύ προσεκτικά τις δύο έννοιες που βρίσκονται στην καρδιά της θεωρίας της σχετικότητας, τον χώρο και τον χρόνο.

Φανταστείτε ότι διαβάζετε ένα βιβλίο στη διάρκεια ενός αεροπορικού ταξιδιού. Στις 12:00 κοιτάζετε το ρολόι σας, αποφασίζετε να αφήσετε το βιβλίο

σας, να σηκωθείτε από το κάθισμά σας και να περπατήσετε προς τα κάτω στον διάδρομο για να μιλήσετε λίγο με έναν φίλο σας που κάθεται δέκα σειρές μπροστά από εσάς. Στις 12:15 επιστρέψετε στο κάθισμά σας, κάθестε, και πιάνετε ξανά το βιβλίο σας. Η κοινή λογική σας λέει ότι έχετε επιστρέψει στον ίδιο τόπο. Χρειάστηκε να διανύσετε ξανά τις ίδιες δέκα σειρές για να επιστρέψετε στο κάθισμά σας, και όταν επιστρέψατε το βιβλίο σας ήταν εκεί που το είχατε αφήσει. Ας σκεφτούμε τώρα λίγο πιο βαθιά την έννοια του «ίδιου τόπου». Αυτό μπορεί να φαίνεται κάπως σαν άσκοπος σχολαστικισμός, αφού είναι διαισθητικά προφανές τι εννοούμε όταν περιγράφουμε έναν τόπο. Μπορούμε να τηλεφωνήσουμε σε έναν φίλο μας και να κανονίσουμε να συναντηθούμε μαζί του για ένα ποτό σε κάποιο μπαρ, και το μπαρ δεν θα έχει μετακινηθεί από τη θέση του τη στιγμή που θα φτάσουμε εκεί. Θα βρίσκεται στον ίδιο τόπο που το είχαμε αφήσει την προηγούμενη φορά, πιθανότατα το προηγούμενο βράδυ. Πολλά πράγματα σε αυτό το εισαγωγικό κεφάλαιο θα φαίνονται εκ πρώτης όψεως σαν άσκοποι σχολαστικισμοί, αλλά κάντε λίγη υπομονή. Η προσεκτική μελέτη αυτών των φαινομενικά προφανών εννοιών θα μας οδηγήσει στα βήματα του Αριστοτέλη, του Γαλιλαίου, του Ισαάκ Νεύτωνα και του Αϊνστάιν. Πώς, λοιπόν, θα μπορούσαμε να προχωρήσουμε για να ορίσουμε επακριβώς τι εννοούμε λέγοντας «ίδιος τόπος»; Ήδη ξέρουμε πώς μπορούμε να το κάνουμε αυτό στην επιφάνεια της Γης. Μια υδρόγειος σφαίρα έχει ζωγραφισμένες στην επιφάνειά της κάποιες πλεγματικές γραμμές, τις γραμμές γεωγραφικού πλάτους και γεωγραφικού μήκους. Κάθε τόπος στην επιφάνεια της Γης μπορεί να περιγραφεί με δύο αριθμούς, που αντιπροσωπεύουν τη θέση επάνω σε αυτό το πλέγμα. Για παράδειγμα, η θέση της πόλης Μάντσεστερ στη Βρετανία είναι 53 μοίρες και 30 λεπτά της μοίρας βόρεια, και 2 μοίρες και 15 λεπτά της μοίρας δυτικά. Οι δύο αυτοί αριθμοί μάς λένε πού ακριβώς μπορούμε να βρούμε το Μάντσεστερ, με δεδομένο ότι όλοι συμφωνούμε για τις θέσεις του ισημερινού και του Μεσημβρινού του Γκρήνουιτς. Επομένως, με απλή αναλογία, ένας τρόπος να προσδιορίσουμε τη θέση οποιουδήποτε σημείου, είτε αυτό βρίσκεται στην επιφάνεια της Γης είτε όχι, θα ήταν να φανταστούμε ένα υποθετικό τριδιάστατο πλέγμα, το οποίο εκτείνεται προς τα πάνω από την επιφάνεια της Γης στον αέρα. Μάλιστα, το πλέγμα θα μπορούσε επίσης να συνεχίζεται προς τα κάτω, διαπερνώντας το κέντρο της Γης και εκτεινόμενο πέρα από την άλλη πλευρά. Με τον τρόπο αυτό, θα μπορούσαμε να περιγράψουμε πού κείται οποιοδήποτε σημείο της υφής σε σχέση με το πλέγμα, είτε βρίσκεται στον αέρα, είτε επάνω στην επιφάνεια, είτε κάτω από το έδαφος. Στην πραγματικότητα, δεν είναι ανάγκη να περιοριστούμε στην υφήλιο. Το πλέγμα θα μπορούσε να εκτείνεται προς τα έξω πέρα από τη Σελήνη, τον Δία, τον Ποσειδώνα και τον Πλούτωνα, ακόμα και πέρα από τα όρια του Γαλαξία μέχρι τις απώτατες εσχατιές του σύμπαντος. Έχοντας στη διάθεσή μας το γιγάντιο, πιθανόν άπειρο

σε μέγεθος, πλέγμα μας, μπορούμε να υπολογίσουμε πού βρίσκονται τα πάντα, πράγμα που, για να παραφράσουμε τον Γούντνυ Άλλεν, είναι πολύ χρήσιμο αν είστε από εκείνους που δεν μπορούν να θυμηθούν ποτέ πού έχουν βάλει το καθετί. Συνεπώς, το πλέγμα μας ορίζει έναν στίβο μέσα στον οποίο υπάρχουν τα πάντα, ένα είδος γιγάντιου κουτιού που περιέχει όλα τα αντικείμενα του σύμπαντος. Μάλιστα, ίσως να μπαίναμε στον πειρασμό να ονομάσουμε αυτό τον γιγάντιο στίβο «χώρο».

Ας επανέλθουμε στο ερώτημα τι εννοούμε λέγοντας «ίδιος τόπος», και ας επιστρέψουμε στο παράδειγμα με το αεροπλάνο. Ίσως να θεωρείτε ότι στις 12:00 και στις 12:15 βρισκόσασταν στο ίδιο σημείο του χώρου. Φανταστείτε τώρα πώς φαίνεται η ακολουθία των γεγονότων σε κάποιον που στέκεται στο έδαφος και παρατηρεί το αεροπλάνο. Αν βλέπει το αεροπλάνο να πετάει με ταχύτητα 1000 χιλιόμετρα την ώρα, θα έλεγε ότι μεταξύ 12:00 και 12:15 μετακινήθηκε 250 χιλιόμετρα. Με άλλα λόγια, στις 12:00 και στις 12:15 βρισκόσασταν σε διαφορετικά σημεία του χώρου. Ποιος έχει δίκιο; Ποιος έχει μετακινηθεί και ποιος έχει μείνει ακίνητος;

Αν δεν μπορείτε να αντιληφθείτε την απάντηση σε αυτή τη φαινομενικά απλή ερώτηση, τότε έχετε καλή παρέα. Ο Αριστοτέλης, ένας από τους ευφυέστερους ανθρώπους της αρχαίας Ελλάδας, είχε πέσει εντελώς έξω σε αυτό το θέμα. Ο Αριστοτέλης θα είχε απαντήσει χωρίς κανένα δισταγμό ότι αυτός που κινείται είστε εσείς, ο επιβάτης του αεροπλάνου. Ο Αριστοτέλης πίστευε ότι η Γη στέκεται ακίνητη στο κέντρο του σύμπαντος. Ο Ήλιος, η Σελήνη, οι πλανήτες και τα άστρα περιστρέφονται γύρω από τη Γη προσδεδεμένα σε πενήντα πέντε ομόκεντρες κρυστάλλινες σφαίρες, οι οποίες είναι εντεθειμένες η μία μέσα στην άλλη σαν «μπάμπουσκες». Επομένως, συμεριζόταν την έννοια του χώρου που μας φαίνεται διαισθητικά ικανοποιητική: ότι είναι το κουτί ή ο στίβος μέσα στον οποίο είναι τοποθετημένα η Γη και οι σφαίρες. Για έναν άνθρωπο της εποχής μας, αυτή η εικόνα του σύμπαντος που αποτελείται μόνο από τη Γη και ένα σύνολο από περιστρεφόμενες σφαίρες ακούγεται μάλλον γραφική. Σκεφτείτε όμως για μια στιγμή τι συμπέρασμα θα βγάζατε αν δεν σας είχε πει κανείς ότι η Γη περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο και ότι τα άστρα είναι μακρινοί ήλιοι, κάποιοι χιλιάδες φορές λαμπρότεροι από το κοντινό μας άστρο αλλά δισεκατομμύρια και δισεκατομμύρια χιλιόμετρα μακριά. Σίγουρα δεν έχει κανείς μας την αίσθηση ότι η Γη αρμενίζει ακυβέρνητη σε ένα αδιανόητα μεγάλο σύμπαν. Η σύγχρονη εικόνα μας για τον κόσμο έχει κερδηθεί με πολύ κόπο και συχνά είναι αντίθετη προς τη διαίσθηση. Αν η εικόνα του σύμπαντος την οποία έχουμε αναπτύξει μέσα από χιλιάδες χρόνια πειραμάτων και σκέψης ήταν προφανής, τότε οι μεγάλοι στοχαστές του παρελθόντος, όπως ο Αριστοτέλης, θα είχαν φτάσει σε αυτή και οι ίδιοι. Αυτό είναι κάτι που θα ήταν καλό να το θυμάστε αν κάποιες από τις έννοιες αυτού του βιβλίου σας φανούν

δύσκολες: οι μεγαλύτεροι σοφοί της Αρχαιότητας μάλλον θα συμφωνούσαν μαζί σας.

Για να εντοπίσουμε το πρόβλημα που υπάρχει στην απάντηση του Αριστοτέλη, ας δεχθούμε προς στιγμήν την εικόνα του και ας δούμε πού μας οδηγεί. Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, θα πρέπει να γεμίσουμε τον χώρο με φανταστικές πλεγματικές γραμμές με κέντρο τη Γη και να υπολογίσουμε πού βρίσκονται τα πάντα, και ποιος είναι αυτός που κινείται. Αν αποδεχθούμε αυτή την εικόνα του χώρου ως κουτιού γεμάτου με αντικείμενα, με τη Γη ακίνητη στο κέντρο του, τότε είναι προφανές ότι εσείς, ο επιβάτης του αεροπλάνου, έχετε αλλάξει τη θέση σας μέσα στο κουτί, ενώ εκείνος που σας παρατηρεί να πετάτε στέκεται ακίνητος στην επιφάνεια της Γης, αιωρούμενος ασάλευτος στον χώρο. Με άλλα λόγια, υπάρχει αυτό που θα ονομάζαμε απόλυτη κίνηση, και συνεπώς και απόλυτος χώρος. Ένα αντικείμενο βρίσκεται σε απόλυτη κίνηση αν αλλάζει η θέση του στον χώρο –όπως αυτή μετριέται ως προς το φανταστικό πλέγμα που είναι προσαρμοσμένο στο κέντρο της Γης– καθώς κυλάει ο χρόνος.

Ένα πρόβλημα με αυτή την εικόνα, βέβαια, είναι ότι η Γη δεν στέκεται ακίνητη στο κέντρο του σύμπαντος: είναι μια περιστρεφόμενη μπάλα που περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο. Στην πραγματικότητα, η Γη κινείται με περίπου 107.000 χιλιόμετρα την ώρα ως προς τον Ήλιο. Αν πάτε το βράδυ για ύπνο και κοιμηθείτε οκτώ ώρες, τη στιγμή που θα ξυπνήσετε θα έχετε διανύσει πάνω από οκτακόσιες χιλιάδες χιλιόμετρα. Θα μπορούσατε μάλιστα να ισχυριστείτε ότι, σε περίπου 365 μέρες, το υπνοδωμάτιό σας θα έχει επιστρέψει ακριβώς στο ίδιο σημείο του χώρου, αφού η Γη θα έχει συμπληρώσει μια πλήρη περιφορά γύρω από τον Ήλιο. Ίσως λοιπόν να αποφασίσετε να αλλάξετε κάπως την εικόνα σας, αφήνοντας άθικτο το πνεύμα της θεώρησης του Αριστοτέλη. Γιατί να μη θεωρήσουμε ως κέντρο του πλέγματός μας τον Ήλιο; Η σκέψη αυτή είναι αρκετά απλή, αλλά επίσης λάθος, διότι και ο ίδιος ο Ήλιος περιφέρεται γύρω από το κέντρο του Γαλαξία μας. Ο Γαλαξίας είναι η τοπική μας νησίδα άστρων, η οποία περιλαμβάνει πάνω από 100.000 εκατομμύρια ήλιους, και όπως μπορείτε μάλλον να φανταστείτε είναι πολύ μεγάλος και για να ολοκληρώσει κάποιο σώμα μια περιφορά γύρω του χρειάζεται πολύς χρόνος. Ο Ήλιος, μαζί με τη Γη που ρυμουλκεί μαζί του, κινείται γύρω από τον Γαλαξία με ταχύτητα 782.000 χιλιόμετρα την ώρα, σε απόσταση 251.000 τρισεκατομμύρια χιλιόμετρα από το κέντρο. Με αυτή την ταχύτητα, χρειάζεται 226 εκατομμύρια χρόνια για να ολοκληρώσει μία περιφορά. Επομένως, ίσως ένα ακόμα βήμα θα μπορούσε να αρκεί για να σωθεί ο Αριστοτέλης. Αν θέσουμε το κέντρο του πλέγματος στο κέντρο του Γαλαξία μας, θα μπορούσαμε να οδηγηθούμε σε ένα άλλο παρελθοντικό όραμα: Καθώς είστε ξαπλωμένοι στο κρεβάτι σας, φανταστείτε πώς ήταν ο κόσμος την τελευταία φορά που η Γη βρισκόταν «εδώ», σε αυτό ακριβώς το σημείο του χώρου. Ένας δεινόσαυρος έβσκε στις σκιές της

ρόδινης αυγής, μασώντας προϊστορικά φύλλα στον τόπο όπου βρίσκεται τώρα το υπνοδωμάτιό σας. Λάθος και πάλι. Στην πραγματικότητα, και οι ίδιοι οι γαλαξίες απομακρύνονται με ταχύτητα ο ένας από τον άλλο, και όσο πιο πολύ απέχει ένας γαλαξίας τόσο ταχύτερα απομακρύνεται από εμάς. Μάλιστα, το να προσδιοριστεί η κίνησή μας ανάμεσα στους μυριάδες γαλαξίες που απαρτίζουν το σύμπαν φαίνεται να είναι εξαιρετικά δύσκολο.

Επομένως, ο Αριστοτέλης έχει πρόβλημα, διότι απ' ό,τι φαίνεται είναι αδύνατο να ορίσουμε επακριβώς τι εννοούμε λέγοντας ότι κάτι «στέκεται ακίνητο». Με άλλα λόγια, φαίνεται αδύνατο να προσδιορίσουμε πού θα πρέπει να βάλουμε το κέντρο του φανταστικού πλέγματος ως προς το οποίο μπορούμε να υπολογίσουμε πού βρίσκεται το καθετί, και με αυτό τον τρόπο να κρίνουμε τι στέκεται ακίνητο και τι κινείται. Ο ίδιος ο Αριστοτέλης δεν αναγκάστηκε ποτέ να αντιμετωπίσει αυτό το πρόβλημα, διότι η εικόνα μιας ακίνητης Γης που περιβάλλεται από περιστρεφόμενες σφαίρες δεν αμφισβητήθηκε σοβαρά για σχεδόν 2000 χρόνια. Ίσως θα έπρεπε να αμφισβητηθεί, αλλά όπως είπαμε ήδη τα πράγματα αυτά δεν είναι καθόλου προφανή ακόμα και για τους ευφυέστερους των ανθρώπων. Ο Κλαύδιος Πτολεμαίος, που σήμερα είναι γνωστός απλώς ως Πτολεμαίος, εργάστηκε στη μεγάλη Βιβλιοθήκη της Αλεξάνδρειας, στην Αίγυπτο, τον δεύτερο αιώνα μ.Χ. Πραγματοποιώντας ενδελεχείς παρατηρήσεις του νυχτερινού ουρανού, προβληματίστηκε σχετικά με την εμφανώς παράξενη κίνηση που εκτελούσαν στον ουράνιο θόλο οι πέντε τότε γνωστοί πλανήτες, ή «πλανήτες (δηλαδή περιπλανώμενοι) αστέρες» όπως λέγονταν, μια φράση από την οποία έχει προέλθει η λέξη «πλανήτης». Αν παρατηρήσει κανείς τους πλανήτες από τη Γη επί αρκετούς μήνες, διαπιστώνει ότι τα σώματα αυτά δεν ακολουθούν μια ομαλή πορεία πάνω στο αστρικό υπόβαθρο, αλλά φαίνονται να εκτελούν «λουύρες» (να διαγράφουν κλειστούς βρόχους πάνω στην τροχιά τους) στον ουρανό. [Σ.τ.Μ.: Αυτή η φαινομενική κίνηση οφείλεται στο γεγονός ότι η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο.] Αυτή η παράξενη κίνηση ονομάζεται «ανάδρομη», και στην πραγματικότητα ήταν γνωστή πολλές χιλιάδες χρόνια πριν από τον Πτολεμαίο. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι περιέγραφαν τον Άρη ως τον πλανήτη που «κινείται προς τα πίσω». Ο Πτολεμαίος συμφωνούσε με τον Αριστοτέλη ότι οι πλανήτες περιστρέφονταν γύρω από μια ακίνητη Γη, αλλά για να εξηγήσει την ανάδρομη κίνηση ήταν αναγκασμένος να τους θεωρήσει προσδεμένους σε μικρότερους έκκεντρους περιστρεφόμενους τροχούς, οι οποίοι με τη σειρά τους ήταν προσδεμένοι στις περιστρεφόμενες σφαίρες. Αυτό το αρκετά περίπλοκο μοντέλο ήταν σε θέση να εξηγήσει την κίνηση των πλανητών στον νυχτερινό ουρανό, παρότι δεν ήταν σε καμία περίπτωση κομψό. Η πραγματική εξήγηση της ανάδρομης κίνησης των πλανητών έπρεπε να περιμένει μέχρι τα μέσα του δέκατου έκτου αιώνα, οπότε ο Νικόλαος Κοπέρνικος πρότεινε την πιο κομψή (και πιο σωστή) εξήγηση ότι η Γη δεν είναι ακίνητη

στο κέντρο του σύμπαντος, αλλά στην πραγματικότητα περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο όπως και οι υπόλοιποι πλανήτες. Η εργασία του Κοπέρνικου δέχθηκε πολλές επικρίσεις, και αφαιρέθηκε από τον κατάλογο των απαγορεύσεων της Καθολικής Εκκλησίας μόλις το 1835. Οι ακριβείς μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από τον Τύχο Μπράχε, σε συνδυασμό με την εργασία των Γιοχάννες Κέπλερ, Γαλιλαίου και Νεύτωνα, όχι μόνο απέδειξαν τελικά ότι ο Κοπέρνικος είχε δίκιο, αλλά οδήγησαν και σε μια θεωρία της πλανητικής κίνησης με τη μορφή των νόμων της κίνησης και της βαρύτητας του Νεύτωνα. Οι νόμοι αυτοί παρέμειναν ακλόνητοι ως η καλύτερη εικόνα μας για την κίνηση των περιπλανώμενων αστερών, και στην πραγματικότητα για την κίνηση όλων των αντικειμένων κάτω από την επίδραση της βαρύτητας, από τους περιστρεφόμενους γαλαξίες μέχρι τις οβίδες των πυροβόλων όπλων, έως την ανάπτυξη της γενικής θεωρίας της σχετικότητας από τον Αϊνστάιν το 1915.

Αυτή η διαρκώς μεταβαλλόμενη θεώρηση της θέσης της Γης και των πλανητών και της κίνησής τους πάνω στον ουράνιο θόλο θα πρέπει να γίνει μάθημα σε καθέναν που είναι απόλυτα πεπεισμένος ότι γνωρίζει κάτι. Υπάρχουν πολλά πράγματα σχετικά με τη φυσική πραγματικότητα που φαίνονται εκ πρώτης όψεως αυταπόδεικτες αλήθειες, και ένα από αυτά είναι ότι στεκόμαστε ακίνητοι. Οι μελλοντικές παρατηρήσεις μπορούν πάντα να μας εκπλήξουν, και συχνά πράγματι μας εκπλήσσουν. Ίσως όμως δεν θα πρέπει να μας εκπλήσσει το γεγονός ότι η φύση φαίνεται μερικές φορές αντίθετη προς τη διαίσθηση για ένα βασισμένο στον άνθρακα βιολογικό είδος παρατηρητικών απογόνων των πιθήκων οι οποίοι τριγυρίζουν πάνω στην επιφάνεια ενός βραχώδους κόσμου που περιφέρεται γύρω από ένα συνηθισμένο άστρο μέσης ηλικίας στα εξωτερικά όρια του Γαλαξία. Οι θεωρίες του χώρου και του χρόνου που θα εξετάσουμε σε αυτό το βιβλίο μπορεί κάλλιστα να αποδειχθούν –στην πραγματικότητα, μάλλον θα αποδειχθούν– προσεγγίσεις σε μια βαθύτερη θεωρία η οποία δεν έχει ακόμα ανακαλυφθεί. Οι φυσικές επιστήμες είναι ένα γνωστικό αντικείμενο που δοξάζει την αβεβαιότητα, και η αναγνώριση αυτής της αβεβαιότητας αποτελεί το κλειδί της επιτυχίας τους.

Ο Γαλιλαίος γεννήθηκε είκοσι χρόνια αφότου ο Κοπέρνικος πρότεινε το ηλιοκεντρικό του μοντέλο για το σύμπαν, και συλλογίστηκε πάρα πολύ σχετικά με το νόημα της κίνησης. Η διαίσθησή του μάλλον θα ήταν η ίδια με τη δική μας: η Γη μάς δίνει την αίσθηση ότι στέκεται ακίνητη, παρότι τα παρατηρησιακά δεδομένα από την κίνηση των πλανητών στον ουρανό υποδεικνύουν emphaticά ότι δεν είναι. Το σπουδαίο διανοητικό επίτευγμα του Γαλιλαίου ήταν ότι έβγαλε ένα καίριο συμπέρασμα από αυτό το φαινομενικό παράδοξο. Έχουμε την αίσθηση ότι στεκόμαστε ακίνητοι, παρότι γνωρίζουμε ότι κινούμαστε σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο, διότι δεν υπάρχει κανένας τρόπος, ούτε καν θεωρητικά, να κρίνουμε τι είναι ακίνητο και τι κινείται. Με άλλα λόγια, το



μόνο που έχει τελικά νόημα είναι να μιλάει κανείς για κίνηση σχετικά με κάτι άλλο. Αυτή είναι μια απίστευτα σημαντική ιδέα. Πιθανόν να φαίνεται προφανής υπό κάποια έννοια, αλλά για να εκτιμήσουμε πλήρως το περιεχόμενό της απαιτείται κάποια σκέψη. Πιθανόν να φαίνεται προφανής διότι σίγουρα όταν καθόμαστε στο αεροπλάνο με το βιβλίο μας, το βιβλίο δεν κινείται σε σχέση με εμάς. Αν το αφήσουμε πάνω στο τραπεζάκι μπροστά μας, θα παραμείνει στην ίδια απόσταση από εμάς. Και βέβαια, από τη σκοπιά κάποιου παρατηρητή που στέκεται στο έδαφος, το βιβλίο κινείται μέσα στον αέρα μαζί με το αεροπλάνο. Το πραγματικό περιεχόμενο της σύλληψης του Γαλιλαίου είναι ότι αυτές οι δηλώσεις είναι οι μόνες που μπορούμε να κάνουμε. Και αν το μόνο που μπορούμε να κάνουμε είναι να πούμε πώς κινείται το βιβλίο σε σχέση με εμάς καθώς καθόμαστε στο αεροπορικό μας κάθισμα, ή σε σχέση με το έδαφος, ή σε σχέση με τον Ήλιο, ή σε σχέση με τον Γαλαξία, αλλά πάντα σε σχέση με κάτι, τότε η απόλυτη κίνηση είναι μια περιττή έννοια.

Αυτή η μάλλον προκλητική δήλωση ακούγεται επιφανειακά βαθυστόχαστη όπως ακούγονται συχνά τα αποφθέγματα τύπου Ζεν διαφόρων μέντιουμ. Στην προκειμένη περίπτωση, όμως, αποτελεί όντως μια σπουδαία σύλληψη· ο Γαλιλαίος αξίζει τη φήμη του. Για να καταλάβουμε γιατί, ας πούμε ότι θέλουμε να διαπιστώσουμε αν το πλέγμα του Αριστοτέλη, το οποίο θα μας επέτρεπε να αποφανθούμε αν κάτι βρίσκεται σε απόλυτη κίνηση, είναι χρήσιμο από επιστημονικής πλευράς. Χρήσιμος με την επιστημονική έννοια σημαίνει ότι η συγκεκριμένη ιδέα έχει παρατηρήσιμες συνέπειες, δηλαδή ότι έχει κάποιου είδους επιπτώσεις που μπορούν να ανιχνευθούν με την εκτέλεση κάποιου πειράματος. Λέγοντας «πείραμα» εννοούμε οποιαδήποτε μέτρηση η οποία αφορά το οτιδήποτε: την αιώρηση ενός εκκρεμούς, το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται από τη φλόγα ενός κεριού, ή τις συγκρούσεις υποατομικών σωματιδίων στον Μεγάλο Συγκρουστήρα Αδρονίων στο CERN (θα επανέλθουμε σε αυτό το πείραμα παρακάτω στο βιβλίο). Αν μια ιδέα δεν έχει παρατηρήσιμες συνέπειες, τότε η ιδέα αυτή δεν είναι αναγκαία για να κατανοήσουμε τους μηχανισμούς του σύμπαντος, παρότι θα μπορούσε να έχει κάποιου είδους φανταστική αξία επειδή μας κάνει να αισθανόμαστε καλύτερα.

Αυτός είναι ένας εξαιρετικά αποτελεσματικός τρόπος να ξεχωρίζουμε την ήρα από το σιτάρι σε έναν κόσμο γεμάτο διαφορετικές ιδέες και απόψεις. Στην αναλογία του με την πορσελάνινη τσαγιέρα, ο φιλόσοφος Bertrand Russell καταδεικνύει τη ματαιότητα του να υποστηρίζει κανείς έννοιες που δεν έχουν καμία παρατηρήσιμη συνέπεια. Ο Russell ισχυρίζεται πως πιστεύει ότι υπάρχει μια μικρή πορσελάνινη τσαγιέρα που κινείται σε τροχιά ανάμεσα στη Γη και τον Άρη, και η οποία είναι τόσο μικρή που δεν μπορεί να εντοπιστεί ούτε με τα πιο ισχυρά σύγχρονα τηλεσκόπια. Αν κατασκευαστεί ένα μεγαλύτερο τηλεσκόπιο και, μετά από εξαντλητική και χρονοβόρα χαρτογράφηση ολόκληρου

του ουρανού, δεν εντοπίσει κανένα ίχνος της τσαγιέρας, ο Russell θα ισχυριστεί ότι η τσαγιέρα είναι κάπως μικρότερη απ' ό,τι αναμενόταν, αλλά και πάλι βρίσκεται εκεί. Το συγκεκριμένο τέχνασμα ονομάζεται συνήθως «μετακινούμε τα τέρματα του γηπέδου». Παρότι η τσαγιέρα είναι αδύνατον να παρατηρηθεί ποτέ, αποτελεί «απαράδεκτο θράσος», σύμφωνα με τον Russell, εκ μέρους της ανθρωπότητας να αμφισβητείται η ύπαρξή της. Πράγματι, η υπόλοιπη ανθρωπότητα οφείλει να σέβεται την άποψή του, όσο εξωφρενική κι αν φαίνεται. Στόχος του Russell δεν είναι να διεκδικήσει το δικαίωμά του να διατηρεί τις προσωπικές του ψευδαισθήσεις, αλλά να δείξει ότι η επινόηση μιας θεωρίας που δεν μπορεί να αποδειχθεί ή να καταρριφθεί μέσω της παρατήρησης είναι άσκοπη, με την έννοια ότι δεν μας μαθαίνει τίποτα, ανεξάρτητα από το πόσο ένθερμα μπορεί να πιστεύει κανείς σε αυτή. Μπορούμε να επινοήσουμε όποιο αντικείμενο ή όποια ιδέα θέλουμε, αλλά αν δεν υπάρχει κανένας τρόπος να παρατηρηθεί το ίδιο ή οι συνέπειές του, δεν έχουμε συνεισφέρει κάτι στην επιστημονική κατανόηση του σύμπαντος. Αντίστοιχα, η ιδέα της απόλυτης κίνησης θα έχει κάποιο νόημα σε επιστημονικό πλαίσιο μόνο αν μπορέσουμε να επινοήσουμε κάποιο πείραμα για να ανιχνεύσουμε αυτή την κίνηση. Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να στήσουμε ένα εργαστήριο φυσικής μέσα σε ένα αεροπλάνο και να εκτελέσουμε υψηλής ακρίβειας μετρήσεις όλων των φυσικών φαινομένων που μπορούμε να διανοηθούμε, σε μια τελευταία γενναία προσπάθεια να ανιχνεύσουμε την κίνησή μας. Θα μπορούσαμε να βάλουμε ένα εκκρεμές να αιωρηθεί και να μετρήσουμε τον χρόνο που διαρκεί η περιοδική κίνησή του, θα μπορούσαμε να πραγματοποιήσουμε πειράματα ηλεκτρισμού με μπαταρίες, ηλεκτρικές γεννήτριες και κινητήρες, ή να παρακολουθήσουμε πώς εξελίσσονται κάποιες πυρηνικές αντιδράσεις και να μετρήσουμε την εκπεμπόμενη ακτινοβολία. Θεωρητικά, με ένα αρκετά μεγάλο αεροπλάνο, θα μπορούσαμε να εκτελέσουμε μέχρι ενός όλα τα πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί ποτέ στην ανθρώπινη ιστορία. Το βασικό στοιχείο που αποτελεί το θεμέλιο ολόκληρου αυτού του βιβλίου και έναν από τους ίδιους τους ακρογωνιαίους λίθους της σύγχρονης φυσικής είναι ότι, εφ' όσον το αεροπλάνο δεν επιταχύνεται ούτε επιβραδύνεται, κανένα από αυτά τα πειράματα δεν θα αποκαλύψει ότι βρισκόμαστε σε κίνηση. Ακόμα και το να κοιτάξουμε έξω από το παράθυρο δεν μπορεί να μας αποκαλύψει κάτι τέτοιο, διότι είναι εξίσου σωστό να πούμε ότι το έδαφος από κάτω κινείται ως προς εμάς με χίλια χιλιόμετρα την ώρα και εμείς στεκόμαστε ακίνητοι. Το καλύτερο που μπορούμε να κάνουμε είναι να πούμε ότι «είμαστε ακίνητοι σε σχέση με το αεροπλάνο», ή ότι «κινούμαστε σε σχέση με το έδαφος». Αυτή είναι η αρχή της σχετικότητας του Γαλιλαίου· δεν υπάρχει κανενός είδους απόλυτη κίνηση, διότι δεν μπορεί να ανιχνευθεί πειραματικά. Η διαπίστωση αυτή μάλλον δεν προκαλεί μεγάλη κατάπληξη, διότι στην πραγματικότητα είναι κάτι που το γνωρίζουμε ήδη σε διαισθητικό

επίπεδο. Ένα καλό σχετικό παράδειγμα είναι η εμπειρία που έχουμε όταν καθόμαστε σε ένα ακίνητο τραίνο καθώς το τραίνο στη διπλανή γραμμή ξεκινάει αργά για να αναχωρήσει από τον σταθμό· για ένα κλάσμα του δευτερολέπτου, έχουμε την αίσθηση ότι εμείς είμαστε αυτοί που κινούνται. Μας φαίνεται δύσκολο να ανιχνεύσουμε την απόλυτη κίνηση διότι δεν υπάρχει κανενός είδους τέτοια κίνηση.

Αν και όλα αυτά ίσως να φαίνονται μάλλον φιλοσοφικές σκέψεις, στην πραγματικότητα αυτού του είδους οι συλλογισμοί οδηγούν σε ένα θεμελιώδες συμπέρασμα σχετικά με τη φύση του ίδιου του χώρου, και μας δίνουν τη δυνατότητα να κάνουμε το πρώτο βήμα στον δρόμο που οδηγεί στις θεωρίες σχετικότητας του Αϊνστάιν. Ποιο συμπέρασμα μπορούμε λοιπόν να βγάλουμε για τον χώρο από το σκεπτικό του Γαλιλαίου; Το συμπέρασμα είναι το εξής: Αν είναι θεωρητικά αδύνατο να ανιχνευθεί η απόλυτη κίνηση, έπεται ότι η έννοια ενός ιδιαίτερου πλέγματος που ορίζει την «ακίνησια» δεν έχει καμία αξία, και επομένως δεν έχει καμία αξία η έννοια του απόλυτου χώρου.

Επειδή αυτό είναι σημαντικό, ας το διερευνήσουμε λίγο πιο διεξοδικά. Έχουμε ήδη τεκμηριώσει ότι αν ήταν δυνατόν να ορίσουμε ένα ιδιαίτερο αριστοτελικό πλέγμα που να καλύπτει ολόκληρο το σύμπαν, τότε η κίνηση σε σχέση με αυτό το πλέγμα θα μπορούσε να οριστεί ως απόλυτη. Έχουμε επίσης δείξει ότι αφού δεν είναι δυνατόν να σχεδιάσουμε ένα πείραμα που μπορεί να μας αποκαλύψει αν βρισκόμαστε σε κίνηση, θα πρέπει να εγκαταλείψουμε την ιδέα αυτού του πλέγματος, απλά επειδή δεν μπορούμε ποτέ να προσδιορίσουμε πάνω σε τι θα πρέπει να είναι «στερεωμένο». Αλλά τότε πώς θα πρέπει να ορίσουμε την απόλυτη θέση ενός αντικειμένου; Με άλλα λόγια, πού βρισκόμαστε μέσα στο σύμπαν; Χωρίς την έννοια του ιδιαίτερου πλέγματος του Αριστοτέλη, τα ερωτήματα αυτά δεν έχουν επιστημονικό νόημα. Το μόνο για το οποίο μπορούμε να μιλάμε είναι οι σχετικές θέσεις των αντικειμένων. Επομένως, δεν υπάρχει κανένας τρόπος να προσδιορίσουμε απόλυτες θέσεις στον χώρο, και αυτό εννοούμε όταν δηλώνουμε ότι η ίδια η έννοια του απόλυτου χώρου δεν έχει νόημα. Το να σκεπτόμαστε το σύμπαν σαν ένα γιγάντιο κουτί, μέσα στο οποίο μετακινούνται τα πράγματα, είναι μια έννοια που δεν απαιτείται από το πείραμα. Αυτός ο συλλογισμός είναι ό,τι πιο σημαντικό μπορούμε να πούμε για αυτό το θέμα. Όπως είπε κάποτε ο μεγάλος φυσικός Richard Feynman, όσο όμορφη κι αν είναι η θεωρία κάποιου, όσο ευφυής κι αν είναι αυτός ο κάποιος και όποιο κι αν είναι το όνομά του, αν η θεωρία διαφωνεί με το πείραμα είναι λάθος. Σε αυτή την πρόταση βρίσκεται το κλειδί της επιστήμης. Αν δούμε αυτή την πρόταση από άλλη σκοπιά, καταλαβαίνουμε ότι αν μια έννοια δεν μπορεί να ελεγχθεί μέσω του πειράματος, τότε δεν έχουμε κανένα τρόπο να αποφανθούμε αν είναι σωστή ή λάθος, και απλά δεν έχει σημασία ούτως ή άλλως. Φυσικά, αυτό σημαίνει πως θα μπορούσαμε να εξακολουθήσουμε

να θεωρούμε ότι μια ιδέα ισχύει, ακόμα κι αν δεν μπορεί να ελεγχθεί, αλλά με τον τρόπο αυτό διατρέχουμε τον κίνδυνο να παρεμποδίσουμε τη μελλοντική πρόοδο διότι παραμένουμε προσκολλημένοι σε μια περιττή προκατάληψη. Επομένως, αφού δεν έχουμε κανέναν απολύτως τρόπο να προσδιορίσουμε ένα ιδιαίτερο πλέγμα, έχουμε απελευθερωθεί από την έννοια του απόλυτου χώρου, ακριβώς όπως έχουμε απελευθερωθεί από την έννοια της απόλυτης κίνησης. Και λοιπόν;! Λοιπόν, η απελευθέρωση από το φορτίο του απόλυτου χώρου ήταν το καθοριστικό στοιχείο που επέτρεψε στον Αϊνστάιν να αναπτύξει τη θεωρία του για τον χώρο και τον χρόνο. Για το θέμα αυτό όμως θα πρέπει να περιμένετε μέχρι το επόμενο κεφάλαιο. Προς το παρόν, έχουμε τεκμηριώσει την ελευθερία μας, χωρίς όμως να έχουμε ακόμα αξιοποιήσει την επιστημονική μας απελευθέρωση. Για να σας ανοίξουμε την όρεξη, θα αναφέρουμε απλά ότι αν δεν υπάρχει απόλυτος χώρος, τότε δεν υπάρχει κανένας λόγος δύο παρατηρητές να πρέπει να συμφωνούν αναγκαστικά για το μέγεθος κάποιου αντικειμένου. Αυτό θα πρέπει να σας ακούγεται πραγματικά αλλόκοτο – αν μια μπάλα έχει διάμετρο 4 εκατοστά, τότε αυτό είναι, πάει και τελείωσε· αλλά χωρίς τον απόλυτο χώρο τα πράγματα δεν είναι απαραίτητα έτσι.

Μέχρι στιγμής έχουμε εξετάσει κάπως αναλυτικά τη σύνδεση μεταξύ κίνησης και χώρου. Αλλά τι συμβαίνει, τότε, με τον χρόνο; Η κίνηση εκφράζεται με τη μορφή της ταχύτητας, και η ταχύτητα μπορεί να μετρηθεί σε χιλιόμετρα την ώρα – δηλαδή, με την απόσταση που διανύεται μέσα στον χώρο σε κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Με αυτό τον τρόπο, η έννοια του χρόνου έχει στην πραγματικότητα ήδη συμπεριληφθεί στο σκεπτικό μας. Τι μπορούμε να πούμε για τον χρόνο; Υπάρχει κάποιο πείραμα που μπορούμε να κάνουμε για να αποδείξουμε ότι ο χρόνος είναι απόλυτος, ή θα πρέπει να εγκαταλείψουμε και αυτή την ακόμα πιο βαθιά ριζωμένη στον νου μας έννοια; Αν και ο Γαλιλαίος εγκατέλειψε την έννοια του απόλυτου χώρου, το σκεπτικό του δεν έχει να μας μάθει απολύτως τίποτα για τον απόλυτο χρόνο. Σύμφωνα με τον Γαλιλαίο, ο χρόνος είναι αμετάβλητος. Αμετάβλητος χρόνος σημαίνει ότι είναι δυνατόν να φανταστούμε τέλεια μικρά ρολόγια, συγχρονισμένα όλα για να δείχνουν την ίδια ώρα, που χτυπούν ρυθμικά σε κάθε σημείο του σύμπαντος. Ένα ρολόι θα μπορούσε να βρίσκεται πάνω σε ένα αεροπλάνο, ένα στο έδαφος, ένα άλλο (πιο ανθεκτικό) πάνω στην επιφάνεια του Ήλιου, και ένα σε τροχιά γύρω από κάποιον μακρινό γαλαξία, και εφ' όσον λειτουργούν απόλυτα σωστά, θα δείχνουν όλα την ίδια ώρα τώρα και για πάντα. Όσο εκπληκτικό κι αν φαίνεται, αυτή η φαινομενικά προφανής παραδοχή βρίσκεται τελικά σε ευθεία αντίφαση με τη δήλωση του Γαλιλαίου ότι κανένα πείραμα δεν μπορεί να αποφανθεί αν βρισκόμαστε σε απόλυτη κίνηση. Μπορεί να φαίνεται απίστευτο, αλλά τα πειραματικά δεδομένα που κατέστρεψαν τελικά την έννοια του απόλυτου χρόνου προέκυψαν από πειράματα του ίδιου τύπου με εκείνα που πολλοί από εμάς

θυμούνται από τα σχολικά μαθήματα φυσικής: μπαταρίες, καλώδια, κινητήρες και γεννήτριες. Για να εγκύψουμε στην έννοια του απόλυτου χρόνου, θα πρέπει πρώτα να κάνουμε μια παρέκβαση στον δέκατο ένατο αιώνα, τη χρυσή εποχή των ανακαλύψεων για τον ηλεκτρισμό και τον μαγνητισμό.