

# 1

## ΠΡΩΙΜΗ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ

### ΣΗΜΕΙΩΝΟΝΤΑΣ ΤΟ ΠΕΡΑΣΜΑ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Πολύ προτού ο ουρανός γίνει ένα μέρος με πλανήτες, γαλαξίες και μαύρες τρύπες, ήταν το βασίλειο θεών και οιωνών. Ένας κεραυνός μπορούσε να σημαίνει τη δυσαρέσκεια του Θεού· ένας διερχόμενος κομήτης ήταν δυσοίωνος προάγγελος καταστροφής. Τουλάχιστον έτσι το αντιλαμβάνονταν πολλοί από τους προγόνους μας.

Ωστόσο, ο σημαντικότερος ρόλος που έπαιζε ο ουρανός ήταν αυτός του φυσικού ρολογιού. Τους αιώνες πριν από τα ρολόγια, τους υπολογιστές και τα έξυπνα τηλέφωνα, οι πρόγονοί μας είχαν παρατηρήσει ότι ο ουρανός ακολουθούσε τον δικό του ρυθμό. Ο Ήλιος ερχόταν και έφευγε με μια περίοδο που την έμαθαν

ως ημέρα. Επτά από αυτές τις ημέρες τις συγκέντρωσαν σε μια εβδομάδα, με κάθε ημέρα να παίρνει το όνομα ενός από τα επτά ουράνια αντικείμενα που έβλεπαν να συμπεριφέρονται διαφορετικά απ' ό,τι τα άστρα (βλ. σελ. 29).

Η Σελήνη άλλαζε σχήμα μεγαλώνοντας και μικραίνοντας, σε φάσεις, από μικρή ημισέληνος σε εκθαμβωτική πανσέληνο και πίσω ξανά. Ένας κύκλος αυτής της μεταβολής σχήματος διαρκούσε σχεδόν τριάντα ημέρες, μια περίοδος που ονομάστηκε «moonth» (μήνας). Η ατέλειωτη μεταμόρφωση της γλώσσας μέσα στον χρόνο μάς έκανε να χάσουμε ένα γράμμα.\* Ο Ήλιος επίσης διαγράφει έναν κύκλο, όμως πολύ μεγαλύτερο. Ανατέλλει κάθε πρωί από την ανατολή και βασιλεύει το βράδυ στη δύση, φτάνοντας στο απόγειο της καθημερινής του αναρρίχησης το μεσημέρι. Ωστόσο, το ύψος του πάνω από το έδαφος το μεσημέρι δεν είναι πάντοτε το ίδιο. Παρατηρήστε τον επί αρκετούς μήνες και θα δείτε ότι ο Ήλιος διαγράφει ένα σχήμα που μοιάζει με τον αριθμό 8 στον ουρανό, το οποίο ονομάζεται «ανάλημμα». Στον χρόνο που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί αυτός ο ιδιαίτερος κύκλος, ο Ήλιος ανατέλλει 365 φορές. Οι αρχαίοι αποκαλούσαν αυτόν τον κύκλο έτος. Αυτή η περίοδος διαιρέθηκε σε τέσσερις εποχές, καθεμία με τις δικές της ιδιαίτερες καιρικές τάσεις. Ο χειμώνας, η άνοιξη, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο φαίνονταν να επαναλαμβάνονται στον ίδιο χρόνο που χρειάζεται το ανάλημμα για να ολοκληρωθεί.

Πριν από 10.000 χρόνια κατασκευάζαμε τεράστια ρολόγια που συμβάδιζαν με τον φυσικό ρυθμό του ουρανού. Το 2004 μια ομάδα αρχαιολόγων ανακάλυψε στη Σκωτία μια κατασκευή της Λίθινης Εποχής. Ως το 2013 οι αρχαιολόγοι είχαν συνειδητοποιήσει τον λόγο που είχε κατασκευαστεί. Οι αρχιτέκτονες της κατασκευής είχαν σκάψει δώδεκα λάκκους σε ένα τόξο πενήντα

---

\* Δηλαδή το «moonth» έγινε «month». Το φεγγάρι στα αγγλικά λέγεται «moon». (Σ.τ.Μ.)



*Ο Ήλιος, κατά τη διάρκεια ενός έτους, φαίνεται να διαγράφει ένα σχήμα που μοιάζει με τον αριθμό 8 στον ουρανό. Οι αστρονόμοι ονομάζουν αυτό το σχήμα ανάλημμα.*

μέτρων – έναν λάκκο για καθέναν από τους δώδεκα πλήρεις σεληνιακούς κύκλους που συνήθως χωρούν σε ένα έτος (μπορεί ενίοτε να υπάρχουν δεκατρείς πανσέληνοι σε έναν χρόνο, αν η πρώτη πέφτει στις αρχές Ιανουαρίου). Πέντε χιλιάδες χρόνια αργότερα, λιθοξόοι άρχισαν να εργάζονται στον επιβλητικό κύκλο του Στόουνχεντζ, στην πεδιάδα του Σώλσμπερυ, στη Βρετανία. Αν σταθείς μέσα στον κύκλο την ημέρα που φτάνει στην κορυφή του αναλήμματος (θερινό ηλιοστάσιο), βλέπεις τον Ήλιο να ανατέλλει ακριβώς πάνω από έναν συγκεκριμένο ογκόλιθο – την πέτρα της φτέρνας.

Σήμερα ζούμε τις φρενήρεις, σύγχρονες ζωές μας στην ψηφιακή εποχή, αγνοώντας σε μεγάλο βαθμό τον ρυθμό του ουρανού. Αλλά για τους αρχαίους πολιτισμούς αυτός ήταν ο μοναδικός τρόπος μέτρησης του χρόνου και οι εκτενείς τους μελέτες για την κίνηση του Ήλιου και των άστρων αποτελούν τη βάση του τρόπου με τον οποίο οργανώνουμε και εμείς τις ζωές μας σήμερα.

### ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΟΝΤΑΣ ΤΟ ΣΧΗΜΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

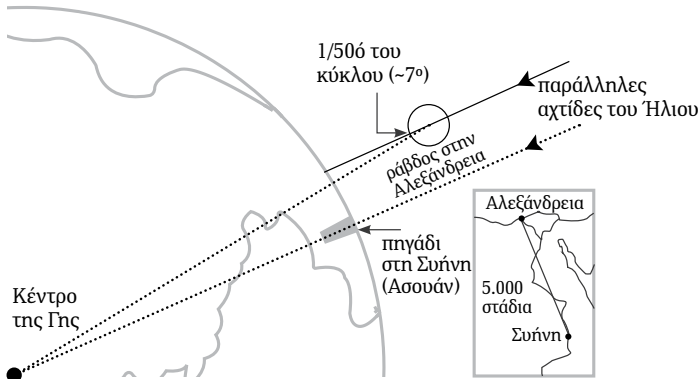
Μην πιστεύετε όποιον σας λέει ότι τα καλύτερα μυαλά του Μεσαίωνα πίστευαν ότι ο κόσμος είναι επίπεδος – ξέραμε ότι δεν είναι επίπεδος πριν από περισσότερο από 2.000 χρόνια. Ο άνθρωπος που πρέπει να ευχαριστήσουμε γι' αυτή τη γνώση ήταν ο αρχαίος Έλληνας μαθηματικός Ερατοσθένης, ο οποίος το ανακάλυψε χωρίς να φύγει ποτέ από την Αίγυπτο.

Ο Ερατοσθένης παρατήρησε ότι στην αιγυπτιακή πόλη Σιήνη\* ο Ήλιος βρισκόταν ακριβώς από πάνω, κάθετα στο έδαφος, το μεσημέρι κατά το θερινό ηλιοστάσιο. Η ιδιοφυής του ιδέα ήταν να κάνει μια μέτρηση του Ήλιου ακριβώς την ίδια ώρα σε ένα από τα επόμενα θερινά ηλιοστάσια στην πόλη της Αλεξάνδρειας, περίπου 800 χιλιόμετρα πιο μακριά. Τοποθετώντας ένα ραβδί στο έδαφος και παρατηρώντας τη σκιά του, μπόρεσε να δει ότι ο Ήλιος δεν το χτυπούσε ακριβώς από πάνω αλλά σε μια γωνία επτά μοιρών. Η αιτία γι' αυτή τη διαφορά είναι ότι η επιφάνεια της Γης είναι καμπύλη, κάτι που σημαίνει ότι οι αχτίδες του Ήλιου πέφτουν σε κάθε πόλη υπό διαφορετική γωνία.

Ο Ερατοσθένης υπολόγισε το μέγεθος της Γης παρατηρώντας τη γωνία των σκιών από διαφορετικές τοποθεσίες στην Αίγυπτο.

---

\* Το σημερινό Ασουάν της Αιγύπτου. (Σ.τ.Μ.)



Ο Ερατοσθένης υπολόγισε το μέγεθος της Γης παρατηρώντας τη γωνία των σκιών από διαφορετικές τοποθεσίες στην Αίγυπτο.

Ο Ερατοσθένης πήγε ένα βήμα παραπέρα. Αν μια απόσταση 800 χιλιομέτρων προκαλεί μια διαφορά επτά μοιρών, μπορούσε να αυξήσει την κλίμακα για να βρει την απόσταση που αντιστοιχεί στις 360 μοίρες. Η περίμετρος της Γης υπολογίζεται με αυτόν τον τρόπο σε λίγο πάνω από 41.000 χιλιόμετρα (ο Ερατοσθένης έκανε τους υπολογισμούς του χρησιμοποιώντας μια αρχαία μονάδα μέτρησης της απόστασης που ονομάζεται «στάδιο», έτσι η απάντησή του ήταν στην πραγματικότητα 250.000 στάδια περίπου). Ο υπολογισμός του ήταν περίπου 10%-15% κοντά στη δική μας σύγχρονη τιμή για το μέγεθος της Γης. Επομένως, οι αρχαίοι Έλληνες όχι μόνο γνώριζαν ότι η Γη ήταν στρογγυλή, αλλά είχαν και μια αρκετά καλή ιδέα για το μέγεθός της.

Είναι πιθανό οι άνθρωποι να γνώριζαν για το σχήμα της Γης, ίσως και για το μέγεθός της, ακόμα και πριν από τον καιρό του Ερατοσθένη. Κατά τη διάρκεια μιας μερικής σεληνιακής έκλειψης, η σκιά της Γης πέφτει στην επιφάνεια της Σελήνης (βλ. σελ. 21). Είναι αρκετά προφανές ότι αυτή η σκιά είναι καμπύλη.

**ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ (256-194 π.Κ.Ε.)**

Ο Ερατοσθένης ήταν γνήσιος πολυμαθής. Εκτός από το έργο του για την περίμετρο της Γης, συνέβαλε σημαντικά στη γεωγραφία, στη μουσική, στα μαθηματικά και στην ποίηση. Ήταν τόσο αξιοσέβαστος ώστε διορίστηκε επικεφαλής βιβλιοθηκάριος της φημισμένης βιβλιοθήκης της Αλεξάνδρειας. Η βιβλιοθήκη αργότερα κάηκε, αλλά στο ζενίθ της αποτελούσε ένα από τα μεγαλύτερα αποθετήρια αρχαίας γνώσης στον κόσμο.

Έχοντας πρόσβαση σε πολλούς σημαντικούς χάρτες και παπίρους, ο Ερατοσθένης συνέθεσε έναν άτλαντα του κόσμου και τον χώρισε σε ζώνες ανάλογα με το κλίμα. Σχεδίασε για πρώτη φορά πλέγματα συντεταγμένων και γραμμές μεσημβρινών, και κατέγραψε τις συντεταγμένες για περισσότερες από 400 πόλεις. Γι' αυτό το έργο, ο Ερατοσθένης θεωρείται από πολλούς ο πατέρας της γεωγραφίας.

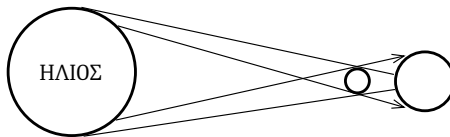
Ίσως το δεύτερο σπουδαιότερο επίτευγμά του ήταν η επινοήση του κόσκινου του Ερατοσθένη – ενός τρόπου να βρίσκουμε τους πρώτους αριθμούς αφαιρώντας όλους εκείνους τους αριθμούς που η επαναλαμβανόμενη συμπεριφορά τους σημαίνει ότι δεν μπορούν να είναι πρώτοι (ένας πρώτος αριθμός μπορεί να διαιρεθεί μόνο από δύο αριθμούς, τον εαυτό του και το ένα).

Προς αναγνώριση του έργου του, υπάρχει ένας κρατήρας στη Σελήνη που φέρει το όνομά του.

Εικάζεται ότι το κινεζικό βιβλίο με τίτλο *Τζόου-Σου (Zhou-Shu)* έχει καταγράψει μια ηλιακή έκλειψη που συνέβη τον 12ο αιώνα π.Κ.Ε. Στις *Νεφέλες* –θεατρικό έργο του Αριστοφάνη– καταγράφεται η σεληνιακή έκλειψη του 421 π.Κ.Ε. Αν ο ένας ή ο άλλος πολιτισμός καταλάβαινε ότι αυτό που έβλεπαν το προκαλούσε η Γη εμποδίζοντας το φως του Ήλιου να φτάσει στο φεγγάρι, θα είχε συνειδητοποιήσει ότι η Γη δεν είναι επίπεδη. Ας εξετάσουμε τώρα τις εκλείψεις.

## ΗΛΙΑΚΕΣ ΕΚΛΙΨΕΙΣ

Μια έκλειψη είναι ένα συμβάν στον ουρανό όπου κάτι που συνήθως είναι ορατό, κρύβεται από κάτι άλλο. Υπάρχουν δύο κύριες μορφές εκλείψεων: η ηλιακή και η σεληνιακή. Κατά τη διάρκεια μιας ηλιακής έκλειψης, ο Ήλιος κρύβεται από τη Σελήνη· κατά τη διάρκεια μιας σεληνιακής έκλειψης, η Γη εμποδίζει το μεγαλύτερο μέρος του φωτός να φτάσει στη Σελήνη.



*Βλέπουμε μια ηλιακή έκλειψη όταν η Σελήνη παρεμβάλλεται ανάμεσα σε μας και στον Ήλιο.*

Οι άνθρωποι έχουν παρατηρήσει, αναρωτηθεί και ανησυχήσει για τις ηλιακές εκλείψεις, ιδίως, εδώ και χιλιάδες χρόνια. Λέγεται ότι, κατά τη διάρκεια της βασιλείας του, ο Κινέζος βασιλιάς Τσονγκ Κανγκ αποκεφάλισε τους δύο αυλικούς αστρονόμους του επειδή δεν κατάφεραν να προβλέψουν μια ηλιακή έκλειψη. Αυτό συνέβη πριν από 4.000 χρόνια. Προτού φτάσουμε στη σύγχρονη κατανόηση του φαινομένου, οι ηλιακές εκλείψεις θεωρούνταν συχνά κακοί οιωνοί – οι θεοί έδειχναν τη δυσαρέσκειά τους για τις αμαρτίες της ανθρωπότητας.

Η πιο εντυπωσιακή μορφή ηλιακής έκλειψης είναι η ολική – όταν η Σελήνη καλύπτει πλήρως τον ηλιακό δίσκο. Οι εκλείψεις είναι σπάνια συμβάντα για οποιαδήποτε συγκεκριμένη περιοχή, όμως μια ολική έκλειψη Ηλίου συμβαίνει κάπου στη Γη κάθε δεκαοκτώ μήνες περίπου. Το γρήγορο πέρασμα της Σελήνης στον ουρανό σημαίνει ότι το θέαμα δεν μπορεί να διαρκέ-

σει περισσότερο από επτά λεπτά και τριάντα δύο δευτερόλεπτα. Ίσως το πιο όμορφο μέρος μιας ηλιακής έκλειψης ονομάζεται «χάντρες του Μπέιλι» και πήρε το όνομά του από έναν Βρετανό αστρονόμο του 19ου αιώνα. Λίγο πριν και λίγο μετά τη στιγμή της ολικότητας, οι τελευταίες και οι πρώτες αχτίδες του ηλιακού φωτός μπορούν να φτάσουν σε μας μόνο διαμέσου κρατήρων στο χείλος της σεληνιακής επιφάνειας. Αυτό προκαλεί ένα εντυπωσιακό φαινόμενο που θυμίζει διαμαντένιο δαχτυλίδι.

Κατά τη διάρκεια της ολικότητας, ο ουρανός σκοτεινιάζει αισθητά και η θερμοκρασία πέφτει. Τα πουλιά που κελαηδούσαν χαρούμενα σωπαίνουν, καθώς πέφτουν σε σύγχυση από την ξαφνική εξαφάνιση του Ήλιου μέσα στην ημέρα. Οι εκλείψεις όμως δεν είναι απλώς μια ευκαιρία για τους ερασιτέχνες παρατηρητές του ουρανού να θαυμάσουν ένα από τα εντυπωσιακότερα θεάματα της φύσης – αποτελούν και μια ανεκτίμητη ευκαιρία για τους επαγγελματίες αστρονόμους να μάθουν περισσότερα πράγματα για τον κόσμο. Όπως θα δούμε, μερικές από τις ανακαλύψεις-ορόσημα για την κατανόηση του σύμπαντος ήταν επακόλουθα της παρατήρησης ολικών ηλιακών εκλείψεων (βλ. σελ. 62-63).



*Το φαινόμενο του διαμαντένιου δαχτυλιδιού, γνωστό ως χάντρες του Μπέιλι.*



Ωστόσο, δεν είναι όλες οι ηλιακές εκλείψεις ολικές. Συχνά η Σελήνη καλύπτει μόνο ένα μέρος του ηλιακού δίσκου. Στη διάρκεια αυτών των μερικών ηλιακών εκλείψεων, ο Ήλιος μοιάζει να έχει χάσει ένα μεγάλο κομμάτι του. Η απόσταση της Σελήνης από τη Γη ποικίλει ελαφρώς, έτσι κάποιες φορές είναι πολύ μακριά από εμάς και φαίνεται πολύ μικρή για να καλύψει πλήρως τον Ήλιο. Ονομάζουμε αυτές τις εκλείψεις δακτυλιοειδείς (annular), από τη λατινική λέξη *annulus* που σημαίνει «μικρός δακτύλιος».

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειώσουμε ότι ζούμε σε μια ιδιαίτερη περίοδο για τις ηλιακές εκλείψεις. Πριν από εκατομμύρια χρόνια η Σελήνη ήταν πολύ πιο κοντά στη Γη (βλ. σελ. 102) και κάλυπτε όλο τον Ήλιο, χωρίς όμως το θέαμα των χαντρών του Μπέιλι. Στο μέλλον, καθώς η Σελήνη απομακρύνεται ακόμα περισσότερο από εμάς, θα καταλήξει να φαίνεται πολύ μικρή για να μας χαρίζει πλήρεις ηλιακές εκλείψεις. Οι μακρινοί μας απόγονοι θα πρέπει να αρκεστούν στις μερικές και δακτυλιοειδείς εκλείψεις.

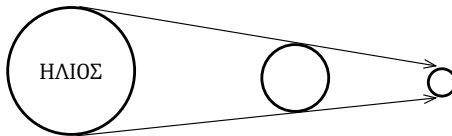
## ΣΕΛΗΝΙΑΚΕΣ ΕΚΛΕΙΨΕΙΣ

Βλέπουμε τη Σελήνη μόνο επειδή αντανακλά το φως του Ήλιου. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια μιας ολικής έκλειψης της Σελήνης, όλο το φως που έρχεται απευθείας από τον Ήλιο εμποδίζεται από τη Γη. Η Σελήνη περνάει στη σκιά της Γης – την *καθαυτή σκιά* (*umbra*). Αν η Σελήνη διασχίσει μόνο ένα μέρος της σκιάς της Γης, τότε έχουμε μια μερική έκλειψη Σελήνης, ή έκλειψη *παρασκιάς* (*penumbra*).

Αν και κατά τη διάρκεια της ολικότητας όλο το *απευθείας* φως του Ήλιου εμποδίζεται και δεν φτάνει στη Σελήνη, κάποια ποσότητα έμμεσου φωτός καταφέρνει να φτάσει στην επιφά-

νειά της. Αυτό οφείλεται στην ατμόσφαιρα της Γης, η οποία καμπυλώνει –ή διαθλά– μια μικρή ποσότητα ηλιακού φωτός γύρω από τον πλανήτη μας. Το λευκό φως είναι στην πραγματικότητα μια μείξη των επτά χρωμάτων του ουράνιου τόξου (βλ. σελ. 46-47) και η ατμόσφαιρά μας καμπυλώνει το κόκκινο φως προς τη Σελήνη – το υπόλοιπο σκορπίζεται στο διάστημα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο το φεγγάρι αποκτά χάλκινη, πορτοκαλί ή κόκκινη απόχρωση κατά τη διάρκεια μιας ολικής σεληνιακής έκλειψης. Η αερομεταφερόμενη ηφαιστειακή τέφρα κάνει πιο έντονο αυτό το φαινόμενο και δίνει στη Σελήνη ένα βαθύ, σαν το αίμα, κόκκινο χρώμα. Χωρίς την ατμόσφαιρα της Γης, ωστόσο, όλο το φεγγάρι θα φαινόταν να αποχωρεί προσωρινά από τον ουρανό.

Αντίθετα με τις ηλιακές εκλείψεις, οι οποίες είναι σχετικά σπάνιες και βραχύβιες, οι σεληνιακές εκλείψεις είναι αρκετά συχνές και διαρκούν περισσότερο. Είναι πολύ πιο εύκολο για ένα μεγάλο αντικείμενο όπως η Γη να εμποδίσει το φως να φτάσει σε ένα μικρό αντικείμενο όπως η Σελήνη, απ' ό,τι είναι για τη Σελήνη να κρύψει ένα τεράστιο αντικείμενο όπως ο Ήλιος. Η ολικότητα μπορεί να διαρκέσει μέχρι και 100 λεπτά και να είναι ορατή στη νυχτερινή πλευρά της Γης.



*Βλέπουμε μια σεληνιακή έκλειψη όταν η Σελήνη εξαφανίζεται στη σκιά της Γης.*

Οι άνθρωποι παρατηρούν τις εκλείψεις της Σελήνης εδώ και χιλιετίες. Αρχαίοι πάλινοι πίνακες των Σουμερίων που χρο-

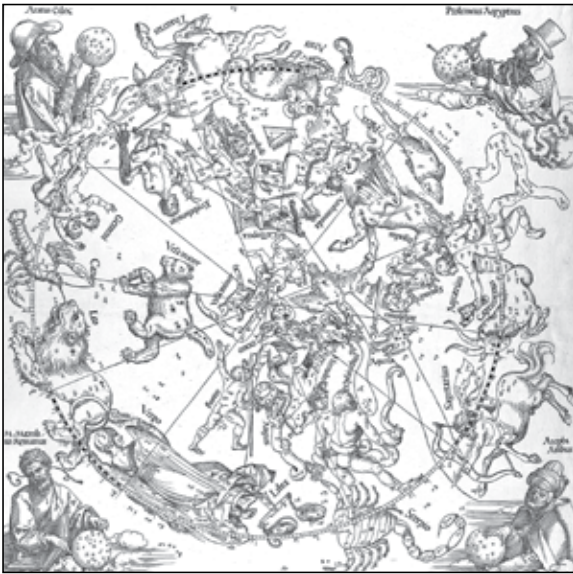
νολογούνται από το 2094 π.Κ.Ε. καταγράφουν μια σεληνιακή έκλειψη μαζί με προβλέψεις για επικείμενη καταστροφή – οι δεισιδαιμονίες και οι εκλείψεις πήγαιναν συχνά μαζί. Η πιο διαβόητη έκλειψη Σελήνης συνέβη το 1504 Κ.Ε., μόλις αφότου ο Χριστόφορος Κολόμβος είχε ανακαλύψει τον Νέο Κόσμο. Ο Ιταλός εξερευνητής και το πλήρωμά του είχαν βρει καταφύγιο στην Τζαμάικα, καθώς ήταν αναγκασμένος να κάνει επισκευές στα πλοία του στόλου του καθώς σκουλήκια είχαν διαβρώσει το ξύλινο σκαρί τους.

Αρχικά, οι ντόπιοι ήταν φιλόξενοι, όμως οι επισκέπτες άρχισαν να καταχρώνται τη φιλοξενία τους. Εξαγρίωσαν τους αυτόχθονες επειδή λεηλατούσαν τα τρόφιμά τους. Ύστερα από έξι μήνες, ο τοπικός αρχηγός διέκοψε όλες τις προμήθειες. Απεγνωσμένος ο Κολόμβος, έδρασε αστραπιαία. Όλα τα πλοία της εποχής έφεραν αλμανάκ –καταλόγους με τις θέσεις των άστρων και αστρονομικά συμβάντα– για να διευκολύνουν την πλοήγηση. Ο Κολόμβος μπόρεσε να προβλέψει ότι στις 29 Φεβρουαρίου θα συνέβαινε έκλειψη Σελήνης, και διαμήνυσε στον αρχηγό ότι βρισκόταν σε επαφή με τον Θεό και πως ο Θεός θα έδειχνε την ουράνια δυσαρέσκεία Του για την αντιμετώπιση των εξερευνητών βιάφοντας τη Σελήνη στο κόκκινο χρώμα του αίματος. Όταν το επόμενο βράδυ η έκλειψη συνέβη στην ώρα της, οι ντόπιοι έγιναν ξαφνικά πολύ πιο συνεργάσιμοι.

Όπως ανέφερε ο γιος του Κολόμβου: «Με δυνατές κραυγές και θρήνους έφταναν τρέχοντας από κάθε κατεύθυνση στα πλοία, φορτωμένοι με προμήθειες, παρακαλώντας τον Ναύαρχο να μεσολαβήσει οπωσδήποτε για λογαριασμό τους στον Θεό». Αυτή είναι η δύναμη της γνώσης του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί πραγματικά το σύμπαν και αυτός είναι ο κίνδυνος της δεισιδαιμονίας.

## ΟΙ ΑΣΤΕΡΙΣΜΟΙ

Εκτός από τη Σελήνη, στον νυχτερινό ουρανό δεσπόζουν τα άστρα. Σε μια ξάστερη νύχτα χιλιάδες είναι ορατά, και μέσα στις χιλιετίες πολλοί διαφορετικοί πολιτισμοί έχουν «ενώσει τις τελείες» σε γιγαντιαία κλίμακα, συνδέοντάς τα, με τη φαντασία τους, σε ομάδες που αποκαλούνται αστερισμοί. Συχνά, οι ονομασίες των αστερισμών είναι εντελώς αυθαίρετες, με τα άστρα σε κάθε διάταξη να έχουν ελάχιστη σχέση μεταξύ τους εκτός από τη φαινομενική εγγύτητά τους στον ουρανό. Πολλοί είναι κάθε άλλο παρά ρεαλιστικοί. Δείτε, για παράδειγμα, τον αστερισμό Μικρός Κύων – μικρός σκύλος. Αποτελείται από δύο μόλις άστρα που ενώνονται με μια γραμμή. Δεν μοιάζει καθόλου με σκύλο – δεν υπάρχουν καν πόδια.



Ευλογραφία του Άλμπρεχτ Ντίρερ με τους αστερισμούς του βόρειου ημισφαιρίου, από το 1515.

Αυτό συμβαίνει επειδή στα αστέρια προβάλλονταν ιστορίες που προϋπήρχαν. Οι άνθρωποι αφηγούνταν ιστορίες για ηρωικούς πρίγκιπες, απεγνωσμένες δεσποσύνες, ματαιόδοξους βασιλιάδες και μαγικούς δράκους, χρησιμοποιώντας τον νυχτερινό ουρανό σαν ένα τεράστιο εικονογραφημένο βιβλίο. Την εποχή πριν από την εφεύρεση της τυπογραφίας, οι ιστορίες μας αποτελούσαν μέρος μιας πλούσιας προφορικής αφηγηματικής παράδοσης. Τα άστρα ήταν ένας τρόπος για να τις συγκρατήσουμε στη μνήμη μας. Ακόμα περισσότερο, όμως, ήταν ένας τρόπος για να μεταδίδονται ζωτικές πληροφορίες από τη μια γενιά στην άλλη.

Οι αρχαίοι πρόγονοί μας παρατήρησαν ότι, όπως ο καιρός, μερικοί αστερισμοί έρχονται και φεύγουν με τις εποχές. Ο γνωστός αστερισμός του Ωρίωνα δεσπόζει στον ουρανό του βόρειου ημισφαιρίου τον χειμώνα, ενώ κρύβεται όταν ο καιρός αρχίζει να βελτιώνεται. Καταγράφοντας αυτά τα αστρονομικά σημάδια, οι πρόγονοί μας ήξεραν ποια είναι η κατάλληλη εποχή για να σπείρουν και να θερίσουν. Η αστρονομική γνώση ήταν στην ουσία ένα τεράστιο γεωργικό εγχειρίδιο που περνούσε από τους γονείς στα παιδιά μέσω της αφήγησης ιστοριών για τα άστρα. Οι αστερισμοί έκαναν αυτές τις πληροφορίες ακόμα πιο ευκολομνημόνευτες.

Σήμερα, οι επαγγελματίες αστρονόμοι αναγνωρίζουν επίσημα ογδόντα οκτώ αστερισμούς που εκτείνονται πάνω και από τα δύο ημισφαίρια. Οι αστερισμοί του βόρειου ημισφαιρίου είναι σε μεγάλο βαθμό κληρονομιά των μύθων και θρύλων που κληρονομήσαμε από τους αρχαίους Έλληνες και τους Ρωμαίους. Στα παραδείγματα περιλαμβάνεται το περίφημο φτερωτό άλογο, ο Πήγασος, και ο αναβάτης του, ο Περσέας. Οι αστερισμοί του νότιου ημισφαιρίου σχεδιάστηκαν κυρίως από τους πρώτους Ευρωπαίους εξερευνητές για τη χαρτογράφηση των ανεξερευνητων θαλασσών του. Συνεπώς, είναι περισσότερο πρακτικοί και λιγότερο ευφάνταστοι. Μικροσκόπια, τηλεσκόπια, ναυτικός εξοπλισμός, πλοία, ψάρια και θαλασσοπούλια αφθονούν στα σχέδιά τους.

Κάθε πολιτισμός έχει τους αστερισμούς του, από τους Αβορίγινες της Αυστραλίας και τους Κινέζους, μέχρι τους Ινουίτ της Αλάσκας και τους Ίνκας. Ωστόσο, η Επιστημονική Επανάσταση στην Ευρώπη οδήγησε στην υιοθέτηση των ελληνορωμαϊκών αστερισμών ως επίσημου παγκόσμιου προτύπου. Οι αστερισμοί έχουν αλλάξει και έχουν σμιλευτεί πολλές φορές ανά τους αιώνες, όμως το 1922 η Διεθνής Αστρονομική Ένωση τους ονομάτισε επίσημα στο διηνεκές.

Οι αστερισμοί παραμένουν περισσότερο ένας χρήσιμος τρόπος για να χωρίζουμε τον νυχτερινό ουρανό παρά ένα πραγματικό χαρακτηριστικό του σύμπαντος. Αν είχατε γεννηθεί σε έναν πλανήτη που βρίσκεται σε τροχιά γύρω από ένα άστρο στον νυχτερινό ουρανό και όχι γύρω από τον Ήλιο, θα βλέπατε και πάλι τα ίδια άστρα, αλλά από διαφορετική οπτική γωνία. Καθώς θα εμφανίζονταν σε διαφορετικές θέσεις το ένα σε σχέση με το άλλο, είναι σχεδόν βέβαιο ότι οι πρόγονοί σας θα είχαν σχεδιάσει εντελώς διαφορετικά σχήματα.

## Ο ΖΩΔΙΑΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΚΑΙ Η ΕΚΛΕΙΠΤΙΚΗ

Τα άστρα παραμένουν στη θέση τους και κατά τη διάρκεια της ημέρας, απλώς δεν μπορούμε να τα δούμε επειδή το φως του Ήλιου είναι πιο δυνατό από το δικό τους αχνό φως. Είναι σαν να προσπαθούμε να δούμε ένα αναμμένο κερί μπροστά από τους προβολείς ενός σταδίου 80.000 θέσεων. Παρ' όλα αυτά, ακόμα κι έτσι μπορούμε να πούμε ότι ο Ήλιος βρίσκεται σε έναν συγκεκριμένο αστερισμό, ακόμα κι αν δεν μπορούμε να δούμε τα άστρα του.

Κάθε μέρα ο Ήλιος φαίνεται να κινείται λιγότερο από μία μοίρα στον ουρανό σε σύγκριση με τα υπόλοιπα άστρα του αστερισμού. Σε έναν χρόνο ολοκληρώνει έναν κύκλο 360 μοιρών.

Η διαδρομή που ακολουθεί ο Ήλιος στον ουρανό είναι γνωστή ως εκλειπτική. Οι πρόγονοί μας γνώριζαν αυτή τη διαδρομή. Ήδη από την πρώτη χιλιετία π.Κ.Ε., οι Βαβυλώνιοι χώρισαν την εκλειπτική σε δώδεκα αστερισμούς – έναν για κάθε σεληνιακό κύκλο ενός κανονικού έτους. Ακόμα κι αν δεν γνωρίζετε πολλά για την αστρονομία, είναι πολύ πιθανό να έχετε ακουστά τη νεότερη εκδοχή αυτών των αστερισμών: Κριός, Ταύρος, Δίδυμοι, Λέων, Καρκίνος, Παρθένος, Ζυγός, Σκορπιός, Τοξότης, Αιγόκερως, Υδροχόος και Ιχθύες. Αυτοί είναι οι δώδεκα αστερισμοί του «ζωδιακού κύκλου», που σημαίνει «κύκλος των μικρών ζώων».

Στο παρελθόν, ο νυχτερινός ουρανός ήταν στενά συνδεδεμένος με τον μυστικισμό και τη δεισιδαιμονία. Τα συμβάντα στους



Ευλογηρία του 16ου αιώνα που δείχνει τους δώδεκα αστερισμούς του ζωδιακού κύκλου, οι οποίοι ακολουθούν την ετήσια διαδρομή του Ήλιου στον ουρανό.

ουρανού θεωρούνταν συχνά ότι επηρεάζουν τα συμβάντα στη Γη. Αυτή είναι η προέλευση της αστρολογίας – της ιδέας ότι οι

κινήσεις και οι θέσεις των ουράνιων σωμάτων επηρεάζουν τα ανθρώπινα πράγματα. Πιο συγκεκριμένα, της ιδέας ότι ο αστερισμός στον οποίο βρισκόταν ο Ήλιος την ημέρα της γέννησής σου έχει κάποια συνάφεια με την υπόλοιπη ζωή σου. Ωστόσο, η σύγχρονη *αστρονομική* κατανόηση των πραγμάτων μάς επιτρέπει να υποστηρίξουμε ότι δεν υπάρχει καμιά τεκμηρίωση ότι αυτό είναι αληθές. Τα άστρα είναι απλώς μεγάλες, καυτές μπάλες αερίων που βρίσκονται πάρα πολύ μακριά. Οι θέσεις τους την ημέρα που γεννήθηκες έχουν τόση πιθανότητα να επηρεάσουν τη ζωή ή την προσωπικότητά σου, όσο και η θέση ενός βάζου στη μαιευτική κλινική ή ο προσανατολισμός του αυτοκινήτου του πατέρα σου στο πάρκινγκ του μαιευτηρίου.

Παρ' όλα αυτά, ο ζωδιακός κύκλος και η εκλειπτική έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην απομάκρυνσή μας από αυτή τη δεισιδαίμονα εικόνα προς μια πιο επιστημονική. Όπως θα δούμε στη συνέχεια, η παρατήρηση της κίνησης των σωμάτων κοντά στην εκλειπτική είχε αποφασιστική σημασία για την αντίληψή μας ως προς τη θέση μας στο σύμπαν, καθώς και την απόρριψη παλιών, αβάσιμων ιδεών.

## ΠΛΑΝΩΜΕΝΟΙ ΑΣΤΕΡΕΣ

Για τους αρχαίους υπήρχαν τρεις τύποι αστέρων. Εκείνοι που κάθονταν ήσυχα στους αστερισμούς τους ήταν γνωστοί ως *απλανείς* αστέρες. Ενίοτε εμφανιζόταν ένας *διάττοντας* αστέρας, που διέσχιζε σαν αστραπή τον ουρανό σε μια σύντομη στιγμή λαμπρότητας (βλ. σελ. 95). Έπειτα υπήρχαν οι *πλανώμενοι* αστέρες. Μόλις πέντε άστρα αποτελούσαν αυτή τη μικρή ομάδα επαναστατών που αψηφούσαν τους κανόνες. Φαίνονταν να κινούνται κοντά στην εκλειπτική, μπαίνοντας στον έναν ζωδιακό αστερισμό προτού αναχωρήσουν για τον επόμενο. Στα ελληνικά λέγονταν *πλά-*



νητες αστέρες και από εκεί παίρνουμε τη σύγχρονη ονομασία γι' αυτούς τους περιπλανώμενους: πλανήτες.

Στην Ευρώπη, αυτοί οι απροσάρμοστοι ονομάστηκαν Mercury (Ερμής), Venus (Αφροδίτη), Mars (Άρης), Jupiter (Δίας) και Saturn (Κρόνος), από τα ονόματα μελών του ρωμαϊκού πανθέου. Μαζί με τη Σελήνη και τον Ήλιο συνιστούν τα επτά αντικείμενα που φαίνεται να πηγαίνουν ενάντια στο ρεύμα και να διασχίζουν τους αστερισμούς. Οι αρχαίοι πρόγονοί μας έδωσαν τα ονόματά τους στις επτά ημέρες της εβδομάδας (βλ. πίνακα πιο κάτω). Το γεγονός ότι απομακρυσμένοι μεταξύ τους πολιτισμοί κατέληξαν σε μια εβδομάδα επτά ημερών υποδεικνύει ότι αυτό συνέβη επειδή όλοι μπορούσαν να παρατηρήσουν επτά αντικείμενα να κινούνται κοντά στην εκλειπτική. Έτσι κι αλλιώς, και άλλες χρονικές περίοδοι προέρχονται από τον ουρανό.

Οι πλανήτες Ουρανός και Ποσειδώνας επίσης κινούνται πάνω στην εκλειπτική, όμως ήταν άγνωστοι στους αρχαίους επειδή

Ελληνικά	Αγγλικά	Γαλλικά	Ισπανικά	Ουράνιο Σώμα
Δευτέρα	Monday	Lundi	Lunes	Σελήνη
Τρίτη	Tuesday*	Mardi	Martes	Άρης
Τετάρτη	Wednesday*	Mercredi	Miércoles	Ερμής
Πέμπτη	Thursday*	Jeudi	Jueves	Δίας
Παρασκευή	Friday*	Vendredi	Viernes	Αφροδίτη
Σάββατο	Saturday	Samedi	Sábado	Κρόνος
Κυριακή	Sunday	Dimanche	Domingo	Ήλιος

\* Οι αγγλικές λέξεις γι' αυτές τις μέρες προέρχονται από τους σκανδιναβικούς/αγγλοσαξωνικούς θεούς και έτσι δεν αντιστοιχούν στα ρωμαϊκά ονόματα για τους πλανήτες.

βρίσκονται πολύ μακριά από τον Ήλιο και συνεπώς δεν είναι τόσο λαμπεροί ώστε να φαίνονται χωρίς τηλεσκόπιο. Είναι ενδιαφέρουσα η σκέψη ότι αν οι άνθρωποι είχαν εξελιχθεί έτσι ώστε να έχουν μεγαλύτερα μάτια και συνεπώς να μπορούν να βλέπουν τον Ουρανό και τον Ποσειδώνα χωρίς βοήθεια, ίσως να ζούσαμε σε έναν κόσμο με εβδομάδα εννέα ημερών.

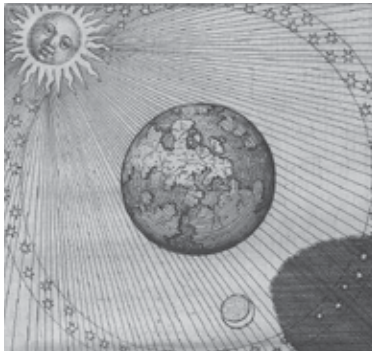
Αν παρατηρούσε κανείς τους πλανήτες επί μήνες και χρόνια, θα διαπίστωνε ότι φαίνεται να κάνουν κάτι περίεργο. Αρχικά κινούνται προς μια κατεύθυνση κατά μήκος της εκλειπτικής, αλλά κατόπιν σταματούν, αλλάζουν κατεύθυνση και επιστρέφουν από εκεί που ήρθαν. Αυτό ονομάζεται *ανάδρομη κίνηση*. Όποιος ισχυριζόταν ότι κατανοούσε τη βαθύτερη λειτουργία του ουρανού έπρεπε να μπορεί να εξηγήσει αυτή την ασυνήθιστη συμπεριφορά.

## Ο ΠΤΟΛΕΜΑΙΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΩΚΕΝΤΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Οι πολιτισμοί του παρελθόντος, ιδίως οι αρχαίοι Έλληνες, συνδύασαν όλα όσα γνώριζαν για τον ουρανό προκειμένου να δημιουργήσουν ένα μοντέλο του σύμπαντος. Γνώριζαν ότι η Γη είναι σφαιρική και ότι ο Ήλιος και τα άστρα εμφανίζονται να πραγματοποιούν μία περιφορά στον ουρανό μία φορά την ημέρα. Η καθημερινή τους εμπειρία μαρτυρούσε ότι η Γη δεν κινείται – αναμφίβολα δεν την ένιωθαν να κινείται. Έτσι, κατέληξαν εύλογα στο συμπέρασμα ότι ζούμε σε μια στάσιμη Γη, γύρω από την οποία περιφέρονται ο Ήλιος, το φεγγάρι, οι πλανήτες και τα άστρα. Αυτή η ιδέα της Γης στο κέντρο ονομάζεται *γεωκεντρικό μοντέλο*.

Και αυτή η ιδέα είχε λογική. Όχι μόνο ταίριαζε με όσα παρατηρούσαν στον ουρανό, αλλά εναρμονιζόταν με θρησκευτικές ιδέες για τη Γη ως το κέντρο της δημιουργίας. Τα περισ-

σότερα μοντέλα της εποχής έδειχναν τη Γη περιτριγυρισμένη από μια σειρά τροχών επάνω στους οποίους κάθονταν ο Ήλιος, η Σελήνη, οι πλανήτες και τα άστρα. Καθώς η Σελήνη διασχίζει με τη μεγαλύτερη ταχύτητα τον ουρανό, καθόταν φυσικά στον πρώτο τροχό. Ύστερα ακολουθούσαν ο Ερμής, η Αφροδίτη, ο Ήλιος, ο Άρης, ο Δίας και ο Κρόνος. Πέρα από τον Κρόνο βρισκόταν ο τροχός που άνηκε στους απλανείς αστέρες στους αστερισμούς τους.



*Οι πρώιμοι αστρονόμοι πίστευαν σε ένα γεωκεντρικό σύμπαν στο οποίο ο Ήλιος βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη Γη, όπως φαίνεται εδώ σε μια απεικόνιση του 1687.*

Υπήρχε όμως ένα μείζον πρόβλημα με αυτό το μοντέλο – δεν μπορούσε να εξηγήσει εύκολα την ανάδρομη κίνηση των πλανητών. Γιατί άραγε κάποιιοι τροχοί σταματούσαν ξαφνικά να περιστρέφονται και έπειτα άλλαζαν κατεύθυνση; Ο Έλληνας μαθηματικός Κλαύδιος Πτολεμαίος σκέφτηκε μια λύση που έγινε γνωστή ως το *πτολεμαϊκό μοντέλο*. Ο Πτολεμαίος υποστήριξε ότι οι πλανήτες κινούνται σε έναν μικρό κύκλο που ονομάζεται *επίκυκλος* και αυτός ο κύκλος κινείται γύρω από τη Γη σε έναν μεγαλύτερο κύκλο ή τροχό που ονομάζεται *φέροντας* (βλ. εικόνα στη σελ. 33). Όταν η κίνηση του πλανήτη στον επίκυκλο έχει

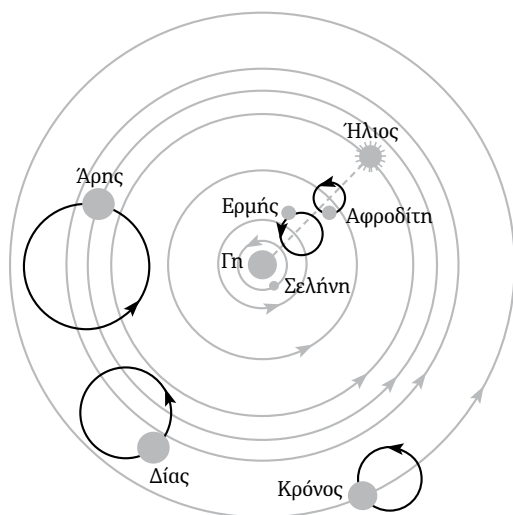
**ΚΛΑΥΔΙΟΣ ΠΤΟΛΕΜΑΙΟΣ (περ. 100-170)**

Για έναν στοχαστή που άσκησε τέτοια επιρροή στην αστρονομική σκέψη για πάνω από χίλια χρόνια, είναι εντυπωσιακό πόσο λίγα στοιχεία γνωρίζουμε για τον Πτολεμαίο. Μόνο το έργο του παραμένει. Ο Πτολεμαίος έζησε στην Αλεξάνδρεια, η οποία τότε ήταν περιοχή της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας ενώ σήμερα ανήκει στην Αίγυπτο.

Στο βιβλίο του *Υποθέσεις των Πλανωμένων*, παρουσίασε το σύστημα των επίκυκλων και επιχειρήσε επίσης να υπολογίσει το μέγεθος του σύμπαντος. Πίστευε ότι η απόσταση από τον Ήλιο είναι 605 φορές η διάμετρος της Γης (είναι πιο κοντά στις 12.000 φορές) και ότι η απόσταση από τα άστρα είναι 10.000 φορές η διάμετρος της Γης (είναι περισσότερο από 3 δισεκατομμύρια φορές). Το άλλο φημισμένο αστρονομικό του έργο, *Αλμαγέστη*, καταγράφει σαράντα οκτώ αστερισμούς (σε σύγκριση με τους σημερινούς ογδόντα οκτώ) – πολλοί από τους οποίους εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σήμερα.

Ο Πτολεμαίος ήταν ενθουσιώδης αστρολόγος, αν και ορισμένες πηγές τον πιστώνουν με την κατανόηση ότι οι συνθήκες ζωής ενός ανθρώπου επηρεάζουν τη συμπεριφορά και την προσωπικότητά του. Έγραψε επίσης έργα για τη μουσική, την οπτική και τη γεωγραφία. Όπως και με τον Ερατοσθένη, υπάρχει ένας κρατήρας στο φεγγάρι που φέρει το όνομά του.

την ίδια κατεύθυνση με την κίνηση του φέροντα, βλέπουμε τον πλανήτη να κινείται προς μία κατεύθυνση επάνω στην εκλειπτική. Όμως ο πλανήτης φαίνεται να αλλάζει κατεύθυνση όταν κινείται επάνω στον επίκυκλο αντίθετα προς την κατεύθυνση του φέροντα. Αυτή ήταν μια έξυπνη λύση και εξηγούσε με τόση ακρίβεια τις κινήσεις των ουρανών, ώστε παρέμεινε κυρίαρχη χωρίς αμφισβήτηση για περισσότερα από χίλια χρόνια.



*Ο Πτολεμαίος επινόησε τους φέροντες και τους επίκυκλους για να εξηγήσει την ανάδρομη κίνηση των πλανητών.*

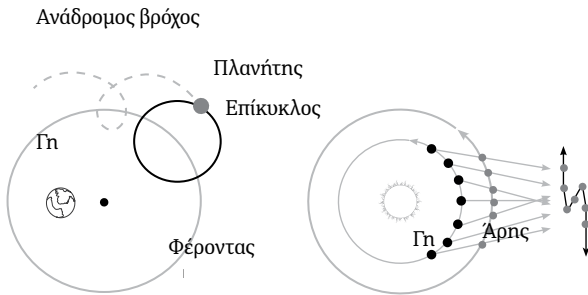
## ΚΟΠΕΡΝΙΚΟΣ ΚΑΙ ΗΛΙΟΚΕΝΤΡΙΣΜΟΣ

Μέχρι τον 16ο αιώνα το πτολεμαϊκό μοντέλο είχε ριζώσει τόσο βαθιά στον Δυτικό πολιτισμό, ώστε το να το αμφισβητήσει κανείς έθετε κυριολεκτικά τη ζωή του σε κίνδυνο. Ο χριστιανισμός είχε εξαπλωθεί σε όλη την Ευρώπη και μία από τις βασικές παραδοχές του ήταν ότι ο Θεός δημιούργησε το σύμπαν σε επτά ημέρες. Φαινόταν λοιπόν φυσικό να είναι η Γη το κέντρο της δημιουργίας – γιατί να μπει σε τόσο κόπο και να μην τοποθετήσεις το έργο σου στο κέντρο της δράσης; Το να υποστηρίξει κανείς το αντίθετο ήταν μια αιρετική πράξη. Οι μουσουλμάνοι μελετητές στη Μέση Ανατολή δεν ήταν τόσο στενά δεμένοι με ένα τέτοιο

δόγμα και είχαν αρχίσει να ανιχνεύουν ρωγμές στη γεωκεντρική ιδέα του Πτολεμαίου ήδη από το 1050 Κ.Ε.

Πίσω στην Ευρώπη του 16ου αιώνα, ένας Πολωνός μαθηματικός ονόματι Νικόλαος Κοπέρνικος αντιλήφθηκε ότι δεν χρειάζεσαι επίκυκλους και φέροντες για να εξηγήσεις την ανάδρομη κίνηση των πλανητών. Το μόνο που χρειαζόταν να κάνει κανείς ήταν να τοποθετήσει τον Ήλιο στο κέντρο και να έχει τη Γη απλώς ως έναν από τους πλανήτες που περιφέρονται γύρω του. Αυτό είναι ένα ηλιοκεντρικό μοντέλο του σύμπαντος.

Η φαινομενική ανάδρομη κίνηση του Άρνη θα ήταν τότε απλώς ένα αποτέλεσμα του γεγονότος ότι βρισκόμαστε έναν



*Πώς εξηγείται η ανάδρομη κίνηση από την πτολεμαϊκή και από την κοπερνίκεια οπτική.*

γύρω μπροστά από αυτόν κατά το ταξίδι μας γύρω από τον Ήλιο. Η κίνησή μας προς τον Άρνη θα τον έκανε να φαίνεται ότι κινείται προς μία κατεύθυνση· από τη στιγμή όμως που θα τον προσπερνούσαμε, θα φαινόταν να απομακρύνεται από εμάς καθώς θα προχωρούσαμε με ταχύτητα. Στις πρώτες δεκαετίες του 16ου αιώνα, ο Κοπέρνικος άρχισε να γράφει για τις ιδέες του και κρυφά έδινε αντίτυπα σε έμπιστους φίλους του. Ως το 1532 ήταν

βέβαιος για τις ιδέες του, όμως συγκρατιόταν και δεν δημοσίευε το έργο του, φοβούμενος ότι θα αντιμετώπιζε κατηγορίες. Λέγεται –αν και χωρίς απόλυτη βεβαιότητα– ότι ο Κοπέρνικος είδε ένα αντίτυπο του ολοκληρωμένου βιβλίου του όταν βρισκόταν πλέον στο νεκροκρέβατό του. Σύμφωνα με αυτή την ιστορία, έχοντας πια την ασφάλεια της γνώσης ότι οι ιδέες του εντέλει θα δημοσιεύονταν, απεβίωσε εν ειρήνη το 1543. Αυτό το έργο –*Περί των περιστροφών των ουράνιων σφαιρών (De Revolutionibus Orbium Coelestium)*– μπορεί να υποστηριχθεί ότι είναι ένα από τα σημαντικότερα βιβλία που γράφτηκαν ποτέ.

Το βιβλίο προκάλεσε θεολογική κρίση. Μέχρι τα τέλη του 16ου αιώνα, ο Ιταλός μοναχός Τζορντάνο Μπρούνο είχε πάρει τη διανοητική σκυτάλη και όχι μόνο υποστήριξε ότι η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο, αλλά και ότι τα άστρα είναι απλώς μακρινές εκδοχές του Ήλιου με πλανήτες που ενδεχομένως είχαν δική τους ζωή. Το 1600 οδηγήθηκε στην πυρά ως αιρετικός και μερικοί ιστορικοί υποστηρίζουν ότι οι αστρονομικές του απόψεις ήταν ένα από τα πολλά «εγκλήματα σκέψης» που διέπραξε.

Από τη συζήτηση έλειπαν τα απαραίτητα τεκμήρια για να αποδειχθεί άπαξ και διά παντός το αν ζούμε σε ένα γεωκεντρικό ή σε ένα ηλιοκεντρικό σύμπαν. Ωστόσο, ένας Δανός αστρονόμος έκανε ό,τι καλύτερο μπορούσε για να απαντήσει αυτό το ερώτημα, και σε αυτήν του την προσπάθεια πρότεινε ένα υβρίδιο και των δύο μοντέλων.

## ΤΥΧΟ ΜΠΡΑΧΕ

Ο Δανός αστρονόμος Τύχο Μπράχε ήταν κατεχοχίν εκκεντρικός. Για μεγάλο μέρος της ενήλικης ζωής του έφερε μια χάλκινη μύτη – στην ηλικία των είκοσι ετών είχε χάσει την άκρη της μύτης του από ξίφος σε μια μονομαχία για τα μαθηματικά.

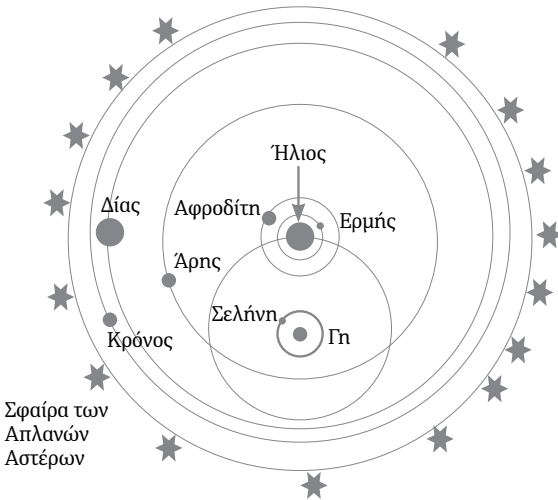
Μερικοί ιστορικοί υποστηρίζουν ότι ακόμα και ο Ουίλιαμ Σαίξπηρ βάσισε τον χαρακτήρα του Άμλετ στον Μπράχε – οι χαρακτηριστές Ρόζενκραντζ και Γκίλντενστερν έχουν τα ίδια ονόματα με τα ξαδέρφια του Μπράχε. Είναι πιθανό ακόμα και όλος ο Άμλετ να αποτελεί μια περίτεχνη αλληγορία για τη μάχη ανάμεσα στο γεωκεντρικό και στο ηλιοκεντρικό μοντέλο του σύμπαντος, με τον χαρακτήρα του Κλαύδιου να έχει πάρει το όνομά του από τον Κλαύδιο Πτολεμαίο.

Αυτό που όντως γνωρίζουμε είναι ότι το πραγματικό πάθος του Μπράχε ήταν η αστρονομία και ότι ήταν πολύ καλός σε αυτήν. Έκανε πιο ακριβείς μετρήσεις των ουρανών από κάθε άλλο αστρονόμο που προηγήθηκε. Ο Δανός βασιλιάς τού δώρισε τη μικρή νήσο Βεν (σήμερα ανήκει στη Σουηδία) και τον χρηματοδότησε για να κατασκευάσει εκεί ένα γιγαντιαίο αστεροσκοπείο. Ο Μπράχε το ονόμασε Ουράνιμποργκ, που σημαίνει το Κάστρο της Ουρανίας – της κόρης του Δία και μούσας της αστρονομίας.

Ό,τι συνέβαινε στο Ουράνιμποργκ ήταν σχεδόν τόσο αξιοσημείωτο όσο και οι αστρονομικές παρατηρήσεις που γίνονταν εκεί. Ο Μπράχε απασχολούσε έναν νάνο γελωτοποιό ονόματι Τζεπ, ο οποίος κρυβόταν συχνά κάτω από τραπέζια και πεταγόταν για να ξαφνιάζει τους επισκέπτες. Διατηρούσε επίσης στο κτήμα έναν ήμερο τάρανδο, ο οποίος είχε ατυχές τέλος όταν ήπιε μπόρα από ένα ανοιχτό βαρέλι και, μεθυσμένος, έπεσε από τις σκάλες. Ο Μπράχε θα είχε έναν εξίσου ατυχή θάνατο. Ενώ παρευρισκόταν σε ένα πλουσιοπάροχο γεύμα στην Πράγα το 1601, δεν έκανε τον κόπο να επισκεφτεί το αποχωρητήριο, παρ' όλο που είχε καταναλώσει μεγάλη ποσότητα αλκοόλ. Πέθανε έντεκα ημέρες αργότερα από ουραιμία – λοίμωξη που προκαλείται από μεγάλη ποσότητα ούρων στο αίμα. Η ουροδόχος κύστη του είχε διαρραγεί.

Πριν από τον πρόωγο θάνατό του σε ηλικία 44 ετών, ο Μπράχε κατέγραψε προσεκτικά τις κινήσεις των άστρων και των





*Ο Μπράχε επινόησε ένα υβριδικό μοντέλο στο οποίο η Γη εξακολουθεί να βρίσκεται στο κέντρο, όμως μερικοί πλανήτες περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο.*

πλανητών από το Ουράνιμποργκ, χρησιμοποιώντας εξάντες και πλωτικούς τετράδες – όργανα για τη μέτρηση των γωνιών μεταξύ των ουράνιων σωμάτων. Πολλές από τις παρατηρήσεις του έφταναν σε ακρίβεια 1/60ού της μοίρας. Αυτό τον οδήγησε σε έναν συμβιβασμό μεταξύ του γεωκεντρισμού και του ηλιοκεντρισμού. Δεν μπορούσε να πιστέψει ότι κάτι τόσο ογκώδες όσο η Γη κινούνταν, έτσι το μοντέλο του είχε τον Ήλιο και τη Σελήνη να περιφέρονται γύρω από τη Γη και τους πλανήτες να περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο. Όπως οι επίκυκλοι του Πτολεμαίου, αυτό εξηγούσε την ανάδρομη κίνηση των πλανητών, τουλάχιστον στη θεωρία. Ακόμα όμως δεν υπήρχαν αρκετά στοιχεία για να κριθεί κατηγορηματικά ποιο από τα τρία μοντέλα –το πτολεμαϊκό, το κοπερνίκειο ή το τυχωνικό– περιέγραφε

με ακρίβεια το πραγματικό σύμπαν στο οποίο ζούμε. Τότε, μια τυχαία ανακάλυψη από έναν Ολλανδό κατασκευαστή γυαλιών όρασης άλλαξε την αστρονομία για πάντα.

## Η ΕΦΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟΥ

Μέχρι εκείνο το σημείο, όλες οι αστρονομικές παρατηρήσεις γίνονταν διά γυμνού οφθαλμού, με εξάντες και με πλωτικούς τετράδες. Το 1608, ο Ολλανδός Χανς Λιπερσέι κατασκεύασε το πρώτο τηλεσκόπιο, αιτούμενος τη χορήγηση διπλώματος ευρεσιτεχνίας για ένα όργανο για να βλέπουμε μακρινά αντικείμενα σαν να ήταν κοντινά. Δεν είναι βέβαιο αν ήταν όντως ο πρώτος που κατασκεύασε ένα τέτοιο όργανο, αλλά η ιστορία συχνά του το πιστώνει. Πολλές σημαντικές ανακαλύψεις στην ιστορία της επιστήμης, όπως το «Εύρηκα» του Αρχιμήδη ή το μύλο του Νεύτωνα, συνοδεύονται από ιστορίες για τη στιγμή της έμπνευσης, πιθανότατα απόκρυφες. Η εφεύρεση του τηλεσκοπίου δεν διαφέρει ως προς αυτό.

Λέγεται ότι η στιγμή επιφοίτησης του Λιπερσέι ήρθε όταν είδε δύο παιδιά να παίζουν με ένα κουτί με παλιούς φακούς στο εργαστήριό του. Όταν κοίταζαν έναν μακρινό ανεμοδείκτη μέσω δύο φακών ταυτόχρονα, ο ανεμοδείκτης εμφανιζόταν ξαφνικά πολύ μεγαλύτερος. Ο Λιπερσέι χρησιμοποίησε αυτό το φαινόμενο για να κατασκευάσει ένα όργανο που μπορούσε να μεγαθύνει τα αντικείμενα κατά τρεις φορές. Μερικά χρόνια αργότερα, ο Έλληνας επιστήμονας Ιωάννης Δημησιάνος ονόμασε αυτήν τη νέα εφεύρεση *τηλε-σκόπιο*, από τις ελληνικές λέξεις «τπλέ» (μακριά) και «σκοπείν» (κοιτάζω, παρατηρώ).

Ωστόσο, ένας Ιταλός μαθηματικός αξιοποίησε τις πραγματικές δυνατότητες αυτής της εφεύρεσης και έτσι απέκλεισε τελικά μια πολύ παλιά ιδέα.

## Ο ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΕ ΤΟ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟ

Το 1608, ο Ιταλός επιστήμονας Γαλιλαίος Γαλιλέι εργαζόταν στην Πάντοβα. Δίδασκε μαθηματικά στο τοπικό πανεπιστήμιο. Κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού του στη Βενετία, βρήκε ένα αντίγραφο ενός νέου ολλανδικού οργάνου που διαδιδόταν γοργά σε όλη την Ευρώπη. Προσπάθησε να βελτιώσει τον σχεδιασμό του και σύντομα κατασκεύασε ένα τηλεσκόπιο που μεγέθυνε τα αντικείμενα οκτώ φορές (σε σύγκριση με το αρχικό του Λιπερσέι που τα μεγέθυνε τρεις). Σύντομα κατασκεύασε ένα όργανο ικανό να μεγεθύνει πάνω από τριάντα φορές.

Στον Γαλιλαίο κατέστη γρήγορα σαφές ότι δεν ζούμε σε ένα πλήρως γεωκεντρικό σύμπαν. Ο Πτολεμαίος είχε κάνει λάθος. Στις 7 Ιανουαρίου 1609 έστρεψε το τηλεσκόπιό του προς τον Δία και παρατήρησε τρία μικρά αντικείμενα γύρω από τον πλανήτη. Μέσα σε μία εβδομάδα είχε παρατηρήσει και ένα τέταρτο. Αυτά ήταν τα τέσσερα μεγαλύτερα φεγγάρια του Δία, που σήμερα φέρουν το παρωνύμιο «δορυφόροι του Γαλιλαίου», προς τιμήν του (βλ. σελ. 124). Εδώ υπήρχαν τέσσερα αντικείμενα που ήταν σαφές ότι δεν περιφέρονταν ούτε γύρω από τη Γη ούτε γύρω από τον Ήλιο.

Η αποφασιστική παρατήρηση ήρθε τον Σεπτέμβριο του 1610, όταν ο Γαλιλαίος διαπίστωσε ότι η Αφροδίτη έχει φάσεις όπως ακριβώς η Σελήνη. Μερικές φορές εμφανίζεται ολόκληρη, ενώ άλλες σαν την ημισέληνο. Το μέγεθός της επίσης αλλάζει, σαν να μας πλησιάζει και κατόπιν να απομακρύνεται. Θα μας ήταν αδύνατο να παρατηρούμε φάσεις της Αφροδίτης αν τόσο αυτή όσο και ο Ήλιος περιφέρονταν γύρω από τη Γη, όπως είχε προτείνει ο Πτολεμαίος. Ένα πτολεμαϊκό σύστημα δεν επιτρέπει στην Αφροδίτη να βρίσκεται ανάμεσα στη Γη και στον Ήλιο – μια ευθυγράμμιση που πρέπει να συμβαίνει προκειμένου να βλέπουμε τις φάσεις. Σύμφωνα με το τυχωνικό και το κοπερνίκαιο σύστημα, όταν η Αφροδίτη βρίσκεται ανάμεσα σε μας και τον Ήλιο

μετά βίας τη βλέπουμε φωτισμένη, αφού το μεγαλύτερο μέρος του ηλιακού φωτός πέφτει στην αντίθετη πλευρά του πλανήτη. Η πλευρά που κοιτάει προς εμάς είναι πλήρως φωτισμένη όταν βρίσκεται στη μέγιστη απόσταση από εμάς.

Επιτέλους, υπήρχαν πλέον τεκμήρια που απέκλειαν το αρχαίο γεωκεντρικό μοντέλο του Πτολεμαίου. Ωστόσο, το να υποστηρίξει κανείς τον ηλιοκεντρισμό μπορούσε ακόμα να τον βάλει σε μπελάδες. Όταν ο Γαλιλαίος υποστήριξε τον Κοπέρνικο, προκάλεσε την οργή του κλήρου. Ο κλήρος υποστήριζε το σύστημα του Τύχο Μπράχε, επειδή ταίριαζε και με τις φάσεις της Αφροδίτης και με τη θρησκευτική ανάγκη για μια Γη που βρίσκεται στο κέντρο. Το 1616 η Ιερά Εξέταση διακήρυξε ότι η ιδέα του ηλιοκεντρισμού ερχόταν σε ευθεία αντίθεση με την Αγία Γραφή. Το 1633 ο Γαλιλαίος δικάστηκε και κρίθηκε ένοχος για αίρεση. Η τιμωρία του ήταν ισόβιος κατ' οίκον περιορισμός. Πέρασε τις μέρες του γράφοντας σημαντικά βιβλία για άλλους, λιγότερο επίμαχους, τομείς της επιστήμης, μέχρι τον θάνατό του σε ηλικία εβδομήντα επτά ετών, το 1642. Η Εκκλησία τού έδωσε τελικά συγχώρεση, αλλά μόλις το 1992!

Ο Γαλιλαίος σχεδίασε επίσης εικόνες των βουνών της Σελήνης και χρησιμοποίησε το μήκος των σκιών τους για να υπολογίσει το ύψος τους. Τα ευρήματά του αποκάλυψαν έναν κόσμο με υψηλότερες κορυφές απ' ό,τι ήταν αναμενόμενο. Ήταν ο πρώτος που παρατήρησε τους δακτύλιους του Κρόνου και τους περιέγραψε ως «αυτιά» που προβάλλουν από κάθε πλευρά του πλανήτη. Παρατήρησε ακόμη και κηλίδες στην επιφάνεια του Ήλιου και αποκάλυψε ότι ο Γαλαξίας\* μας δεν είναι απλά ένα νέφος αερίων, αλλά είναι γεμάτος άστρα.

---

\* Ο «Γαλαξίας» με κεφαλαίο «Γ» θα δηλώνει τον δικό μας γαλαξία, ενώ οι γαλαξίες εν γένει θα δηλώνονται με πεζό «γ». (Σ.τ.Μ.)

## Ο ΓΙΟΧΑΝΕΣ ΚΕΠΛΕΡ ΚΑΙ ΟΙ ΠΛΑΝΗΤΙΚΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ

Ο Γερμανός μαθηματικός Γιοχάνες Κέπλερ ήταν ένας από τους πρώτους και πιο δυναμικούς υποστηρικτές του κοπερνίκειου μοντέλου, ακόμα και πριν από τις παρατηρήσεις του Γαλιλαίου. Όντας βοηθός του Τύχο Μπράχε το 1600, επιθυμούσε να μάθει τους μαθηματικούς κανόνες σύμφωνα με τους οποίους περιφέρονται οι πλανήτες γύρω από τον Ήλιο. Του επιτράπηκε να χρησιμοποιήσει μερικές από τις παρατηρήσεις του Μπράχε, όμως ο Δανός φύλασσε τα δεδομένα του σαν κόρη οφθαλμού. Το γεγονός ότι ο Μπράχε πέθανε μόλις έναν χρόνο αργότερα και ότι ο Κέπλερ κληρονόμησε όλο το έργο του έχει κάνει ορισμένους ιστορικούς να κάνουν λόγο για εγκληματική ενέργεια. Το 1901 έγινε εκταφή της σορού του Μπράχε και ανακαλύφθηκαν υπολείμματα υδραργύρου στα λείψανά του. Πέθανε πράγματι από βλάβη της ουροδόχου κύστης, ή μήπως τον δηλητηρίασε ο Κέπλερ για να αποκτήσει πρόσβαση στο ασυναγώνιστο αστρονομικό του αρχείο; Άλλωστε, την ιστορία για τον θάνατο του Μπράχε τη γνωρίζουμε μόνο από το ημερολόγιο του Κέπλερ. Ωστόσο, το 2010 έγινε νέα εκταφή της σορού του και οι εξετάσεις αποκάλυψαν ότι τα επίπεδα του υδραργύρου δεν επαρκούσαν για να προκαλέσουν τον θάνατό του.

Τη δεκαετία που ακολούθησε τον θάνατο του Μπράχε, ο Κέπλερ χρησιμοποίησε τις παρατηρήσεις του για να διατυπώσει τους τρεις περίφημους νόμους του για την πλανητική κίνηση:

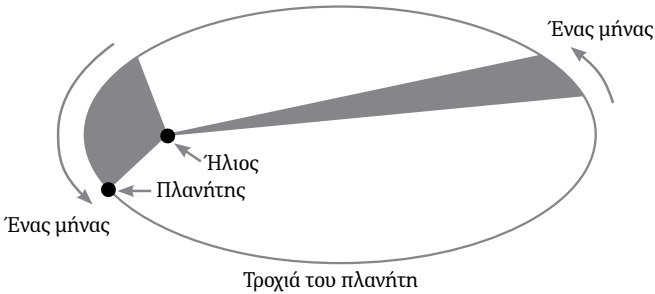
*Πρώτος νόμος του Κέπλερ: Η τροχιά των πλανητών γύρω από τον Ήλιο είναι ελλειπτική, με τον Ήλιο να βρίσκεται στη μία εστία της έλλειψης.*

Ο Κέπλερ μπόρεσε να δει ότι οι πλανήτες δεν περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο σε τέλειους κύκλους όπως οι αρχαίοι και ο Κοπέρνικος είχαν υποθέσει. Αντιθέτως, ακολουθούν ένα οβάλ

σχήμα που ονομάζεται έλλειψη. Η έλλειψη έχει δύο εστίες – μαθηματικά σημαντικά σημεία εντός της καμπύλης. Ο Ήλιος βρίσκεται στο ένα από αυτά.

Δεύτερος νόμος του Κέπλερ: *Η ακτίνα που ενώνει τον Ήλιο με έναν πλανήτη σαρώνει ίσα εμβαδά σε ίσους χρόνους.*

Ένα αποτέλεσμα του γεγονότος ότι οι πλανήτες έχουν ελλειπτική τροχιά οφείλεται στο ότι βρίσκονται κοντύτερα στον Ήλιο σε κάποια σημεία απ' ό,τι σε άλλα. Ωστόσο, ο Κέπλερ παρατήρησε ότι μια ακτίνα που ενώνει τον ήλιο με έναν πλανήτη χρειάζεται τον ίδιο χρόνο για να σαρώσει την ίδια συνολικά περιοχή (βλ. εικόνα). Με απλά λόγια, ο πλανήτης επιταχύνει όσο πιο κοντά βρίσκεται στον Ήλιο και επιβραδύνει όσο πιο μακριά βρίσκεται από αυτόν.



Σύμφωνα με τον Κέπλερ, η τροχιά των πλανητών γύρω από τον Ήλιο είναι ελλειπτική και οι πλανήτες επιταχύνουν όταν βρίσκονται πιο κοντά σε αυτόν.

Τρίτος νόμος του Κέπλερ: *Το τετράγωνο της περιόδου περιφοράς ενός πλανήτη είναι ανάλογο με τον κύβο της απόστασής του από τον Ήλιο.*

Επί της ουσίας, όσο πιο μακριά βρίσκεται ένας πλανήτης από τον Ήλιο, τόσο περισσότερο χρόνο χρειάζεται για μία περιφορά. Αυτό στην πραγματικότητα είναι κοινός νους – ο Ερμής περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο γρηγορότερα από όλους τους άλλους επειδή έχει τη μικρότερη έλλειψη να διαγράψει. Ο Δίας χρειάζεται πολύ περισσότερο χρόνο επειδή έχει πολύ μεγαλύτερη απόσταση να διανύσει. Η μεγάλη ανακάλυψη του Κέπλερ ήταν η ακριβής μαθηματική σχέση μεταξύ αυτών των δύο πραγμάτων. Χρησιμοποιώντας τις ακριβείς παρατηρήσεις του Μπράχε, παρατήρησε ότι ο χρόνος που χρειάζεται ένας πλανήτης για μία πλήρη περιφορά γύρω από τον Ήλιο, «υψωμένος στο τετράγωνο» (πολλαπλασιασμένος με τον εαυτό του), συνδέεται με την απόσταση του από τον Ήλιο, «υψωμένη στον κύβο» (πολλαπλασιασμένη με τον εαυτό της δύο φορές).

Αυτοί είναι *εμπειρικοί* νόμοι – βασίζονται στην άμεση παρατήρηση και όχι σε κάποια βαθύτερη θεωρητική εξήγηση του γιατί οι πλανήτες βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο. Αυτή η βαθύτερη κατανόηση θα ερχόταν το 1666, όταν ένας Άγγλος μαθηματικός, αναγκασμένος να εγκαταλείψει το Κέιμπριτζ εξαιτίας της πανώλης, δέχθηκε ένα μήλο στο κεφάλι ενώ καθόταν, όπως λέγεται, στον κήπο της μπέρας του.

## Ο ΙΣΑΑΚ ΝΕΥΤΩΝ ΚΑΙ Η ΒΑΡΥΤΗΤΑ

Η ιστορία με τον Νεύτωνα και το μήλο φαίνεται ότι περιέχει μια δόση αλήθειας, όμως το μήλο δεν έπεσε ποτέ στο κεφάλι του, σύμφωνα με μια σημαίνουσα βιογραφία η οποία έχει τίτλο *Απομνημονεύματα του σερ Ισαάκ Νεύτωνα (Memoirs of Sir Isaac Newton's Life (1752))*. Ο συγγραφέας αυτής της βιογραφίας –Ουίλιαμ Στούκλεϊ– έπινε τσάι σε έναν κήπο με τον Νεύτωνα

μετά το δείπνο, όταν ο διάσημος επιστήμονας του είπε ότι είχε ανακαλύψει τη θεωρία του της βαρύτητας αφοτου είχε δει ένα μήλο να πέφτει στο έδαφος.

Η θεμελιώδης ανακάλυψη του Νεύτωνα ήταν ότι κάθε αντικείμενο υφίσταται μια ελκτική δύναμη προς κάθε άλλο αντικείμενο στο σύμπαν. Το μήλο έλκεται από τη Γη και έτσι πέφτει. Ο μόνος λόγος για τον οποίο σταματά να πέφτει είναι επειδή συναντά το έδαφος. Ο Νεύτων αντιλήφθηκε ότι αν μπορούσες να στείλεις το μήλο αρκετά ψηλά και με αρκετή ταχύτητα, θα συνέχιζε να πέφτει γύρω από τη Γη χωρίς να συναντά την επιφάνεια του πλανήτη. Θα έμπαινε σε τροχιά γύρω από τη Γη. Το μεγάλο συλλογιστικό του άλμα ήταν ότι και η Σελήνη βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη Γη για τον ίδιο λόγο για τον οποίο το μήλο πέφτει – βρίσκεται σε ελεύθερη πτώση χωρίς να παρεμβάλλεται τίποτε. Όλα αυτά λόγω μιας βαρυτικής έλξης μεταξύ των δύο σωμάτων.

Ο Νεύτων εξέδωσε τις ιδέες του σχετικά με τη βαρύτητα στο βιβλίο με τον τίτλο *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (Μαθηματικές αρχές της φυσικής φιλοσοφίας –το οποίο συχνά συντομεύεται ως *Principia*– το 1687). Το βιβλίο περιείχε επίσης πολλές άλλες κρίσιμης σημασίας ανακαλύψεις, συμπεριλαμβανομένων των περίφημων τριών νόμων της κίνησης. Ο Νεύτων υποστηρίζει ότι η βαρυτική έλξη μεταξύ δύο σωμάτων είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετράγωνου της μεταξύ τους απόστασης. Αυτό σημαίνει ότι αν διπλασιάσεις την απόσταση μεταξύ δύο σωμάτων, η δύναμη της βαρυτικής τους έλξης μειώνεται στο ένα τέταρτο. Αν τριπλασιάσεις την απόσταση, μειώνεται στο ένα ένατο. Οι ιδέες του άσκησαν μεγάλη επιρροή επειδή χρησιμοποίησε τόσο τον Νόμο της Παγκόσμιας Έλξης όσο και τους νόμους της κίνησης για να αποδείξει του Νόμους της Πλανητικής Κίνησης του Κέπλερ (βλ. σελ. 41). Στην ουσία έλεγε: «γνωρίζω γιατί οι πλανήτες βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο και μπορώ να το αποδείξω αφού οι ιδέες μου δίνουν τα ίδια αποτελέσματα με εκείνες του Κέπλερ».



Ας πάρουμε, για παράδειγμα, τον Δεύτερο Νόμο του Κέπλερ – ότι μια ακτίνα μεταξύ του Ήλιου και ενός πλανήτη σαρώνει ίσα εμβαδά σε ίσο χρόνο. Με άλλα λόγια, οι πλανήτες επιταχύνουν όταν βρίσκονται στην πιο κοντινή απόσταση από τον Ήλιο και επιβραδύνουν όταν βρίσκονται στην πιο μακρινή. Ο Νεύτων παρείχε μια εξήγηση γι' αυτό το φαινόμενο. Η βαρυτική έλξη μεταξύ δύο σωμάτων γίνεται ισχυρότερη όσο πιο κοντά βρίσκονται και ασθενέστερη όσο αυτά απομακρύνονται. Όταν ένας πλανήτης βρίσκεται κοντά στον Ήλιο, υφίσταται ισχυρότερη έλξη και επιταχύνεται· καθώς απομακρύνεται, η ισχύς αυτής της δύναμης μειώνεται και ο πλανήτης επιβραδύνεται.

Ωστόσο, το αριστούργημα του Νεύτωνα λίγο έλειψε να μην τυπωθεί ποτέ. Η Βασιλική Εταιρεία είχε σπαταλήσει τον εκδοτικό προϋπολογισμό της για ένα αποτυχημένο βιβλίο με τίτλο *Η ιστορία των ψαριών (The History of Fishes)*. Έτσι, ο αστρονόμος Έντμουντ Χάλλεϋ παρενέβη και πλήρωσε ο ίδιος για την έκδοση του βιβλίου του Νεύτωνα. Με αυτή του την πράξη εξασφάλισε ότι ένα από τα σημαντικότερα βιβλία όλων των εποχών, επιστημονικά ή μη, θα έβλεπε το φως της δημοσιότητας.

## Ο ΙΣΑΑΚ ΝΕΥΤΩΝ ΚΑΙ ΤΟ ΦΩΣ

Την ίδια περίπου εποχή που η πτώση του μύλου πυροδοτούσε τη φαντασία του, ο Νεύτων ήταν επίσης απασχολημένος με τα πρίσματα και το φως. Ο πειραματισμός με αυτά τα γυάλινα στερεά δεν ήταν κάτι καινούργιο και ήταν από καιρό γνωστό ότι μπορούσαν να παραγάγουν από το λευκό φως ένα φάσμα χρωμάτων. Παρ' όλα αυτά, η επικρατούσα για εκείνη την εποχή άποψη ήταν ότι τα ίδια τα πρίσματα έδιναν χρώμα στο φως καθώς αυτό περνούσε από μέσα τους. Το ίδιο το φως ήταν αμιγώς λευκό.

Ο Νεύτων κατέρριψε αυτή την ιδέα μέσω ενός έξιπνου αλλά απλού πειράματος. Μια ηλιόλουστη μέρα του 1666, έκλεισε την κουρτίνα του παραθύρου και άνοιξε σε αυτή μια μικρή τρύπα, έτσι ώστε να περνάει μόνο μία ακτίδα φωτός στο δωμάτιο. Τοποθέτησε ένα πρίσμα στην πορεία της ακτίδας με αποτέλεσμα να εμφανιστεί ένα ουράνιο τόξο, όπως ήταν αναμενόμενο. Και

### ΤΟ ΚΑΤΟΠΤΡΙΚΟ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟ

Ο Νεύτων σχεδίασε έναν νέο τύπο τηλεσκοπίου το 1668. Τα πρώιμα τηλεσκόπια ήταν διαθλαστικά – χρησιμοποιούσαν τους φακούς για να καμπυλώνουν ή να διαθλούν το φως. Όμως το κατοπτρικό (ανακλαστικό) τηλεσκόπιο του Νεύτωνα παρέκαμπε ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα των διαθλαστικών – το χρωματικό σφάλμα. Οι φακοί καμπυλώνουν κάθε χρώμα του φωτός με λίγο διαφορετικό τρόπο, όπως σε ένα πρίσμα, κάτι που σημαίνει ότι δεν εστιάζουν όλα τα χρώματα στο ίδιο σημείο.

Σε ένα νευτώνειο τηλεσκόπιο το φως εισέρχεται από την κορυφή και πέφτει σε έναν καμπύλο καθρέπτη στη βάση. Το φως ανακλάται πίσω στον σωλήνα του τηλεσκοπίου, πέφτει σε έναν επίπεδο, δευτερεύοντα καθρέπτη, και αναπηδά στο πλάι όπου ένα προσοφθάλμιο αποκαλύπτει την εστιασμένη εικόνα.

Σήμερα, τα μεγαλύτερα τηλεσκόπια είναι κατοπτρικά, επειδή υπάρχει όριο στο μέγεθος ενός διαθλαστικού τηλεσκοπίου. Το φως πρέπει να περάσει διαμέσου των φακών, που σημαίνει ότι το τηλεσκόπιο πρέπει να στηρίζεται από κάθε πλευρά. Αν το κατασκευάσουμε πολύ μεγάλο, τότε καμπυλώνεται από το βάρος του και δεν μπορεί να εστιάσει επαρκώς το φως. Ωστόσο, ένας καθρέπτης μπορεί να στηριχτεί από πίσω. Το μεγαλύτερο διαθλαστικό τηλεσκόπιο στον κόσμο έχει έναν φακό με διάμετρο ενός μέτρου – το μεγαλύτερο κατοπτρικό τηλεσκόπιο έχει διάμετρο λίγο μεγαλύτερη από δέκα μέτρα.

εδώ έρχεται το έξυπνο μέρος του πειράματος. Τοποθέτησε ένα δεύτερο, ανεστραμμένο πρίσμα στην πορεία αυτών των χρωμάτων. Το δεύτερο πρίσμα ανέμειξε και πάλι τα χρώματα σε λευκό φως. Τα πρίσματα δεν μπορούν εντέλει να προσθέσουν χρώμα. Το λευκό φως πρέπει να είναι πράγματι ένα μείγμα διάφορων χρωμάτων που τα πρίσματα μπορούν να διαχωρίσουν (ή να αναμείξουν και πάλι). Ο Νεύτων δημοσίευσε αυτά τα ευρήματα το 1672.

Αυτή η βασική κατανόηση των ιδιοτήτων του φωτός αποτελεί το υπόβαθρο για πολλούς κλάδους της σύγχρονης αστρονομίας. Όπως θα δούμε σε επόμενες ενότητες, οι αστρονόμοι βασίζονται σε αυτή ξανά και ξανά.

## Ο ΡΕΜΕΡ ΚΑΙ Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Τα τέλη του 17ου αιώνα ήταν μια πραγματικά επαναστατική περίοδος για την κατανόηση του φωτός. Εκτός από τον Ισαάκ Νεύτωνα που έκανε πολύτιμες ανακαλύψεις για την προέλευση του χρώματος, ο Δανός αστρονόμος Όλε Ρέμερ μελετούσε την ταχύτητα του φωτός.

Τη δεκαετία του 1670 το Βασιλικό Αστεροσκοπείο των Παρισίων απέστειλε μια ομάδα αστρονόμων στο παλιό αστεροσκοπείο του Τύχο Μπράχε στο Ουράνιμποργκ, στη νήσο Βεν, για να πραγματοποιήσουν προσεκτικές μετρήσεις των τεσσάρων φεγγαριών του Γαλιλαίου. Συγκεκριμένα, να σημειώσουν πότε εξαφανίζονται καθώς μπαίνουν στη σκιά του πλανήτη. Ο Ρέμερ ήταν ο τοπικός βοηθός του Γάλλου αστρονόμου Ζαν Πικάρ και στη συνέχεια του προσφέρθηκε μια θέση εργασίας στο Παρίσι, βάσει της δουλειάς του στο Ουράνιμποργκ.

Οι παρατηρήσεις των φεγγαριών οδήγησαν σε ένα αίνιγμα: οι εκλείψεις συνέβαιναν συχνά, είτε νωρίτερα είτε αργότερα απ'

ό,τι προέβλεπαν οι υπολογισμοί με βάση τη νευτώνεια βαρύτητα. Ως το 1676 ο Ρέμερ είχε βρει την εξήγηση, οικοδομώντας επάνω στο έργο του διευθυντή του Αστεροσκοπείου, Τζιοβάνι Κασίνι. Οι δυο τους ορθά πρότειναν ότι το φως χρειάζεται χρόνο για να ταξιδέψει στον χώρο. Προηγουμένως, η ταχύτητα του φωτός θεωρούνταν άπειρη – ότι έφτανε από το σημείο Α στο σημείο Β στιγμιαία. Ωστόσο, οι εκλείψεις των φεγγαριών του Δία φαίνονταν να συμβαίνουν νωρίτερα από το αναμενόμενο, όταν η Γη και ο Δίας βρίσκονταν κοντά, και να καθυστερούν όταν οι δύο πλανήτες βρίσκονταν μακριά. Ο Ρέμερ υπολόγισε ότι το φως χρειάζεται έντεκα λεπτά για να διασχίσει μια απόσταση ίση με την απόσταση της Γης από τον Ήλιο. Αυτό σημαίνει μια ταχύτητα 220.000.000 μέτρων το δευτερόλεπτο.

Σήμερα ξέρουμε ότι η ταχύτητα του φωτός είναι 299.792.458 μέτρα το δευτερόλεπτο, επομένως ο Ρέμερ και ο Κασίνι δεν απείχαν πολύ από την πραγματική ταχύτητα. Το σημαντικότερο δεν είναι ο αριθμός στον οποίο κατέληξαν, αλλά το γεγονός ότι μπόρεσαν να δείξουν οριστικά ότι η ταχύτητα του φωτός είναι πεπερασμένη – ότι το φως χρειάζεται χρόνο για να φτάσει κάπου. Στην καθημερινή μας ζωή αυτό δεν το παρατηρούμε ποτέ, λόγω της μεγάλης του ταχύτητας. Μόνο σε αστρονομικές αποστάσεις γίνεται αισθητό. Θα επιστρέψουμε σε αυτή την ιδέα αρκετές φορές.

Ένας πολύ γνωστός τρόπος για να μιλάμε για κοσμικές αποστάσεις είναι με έτη φωτός – η απόσταση που διανύει το φως σε ένα έτος. Με ταχύτητα 299.792.458 μέτρα το δευτερόλεπτο, το φως διασχίζει 9,46 τρισεκατομμύρια χιλιόμετρα σε ένα έτος. Το κοντινότερο άστρο στη Γη μετά τον Ήλιο βρίσκεται περίπου 40 τρισεκατομμύρια χιλιόμετρα μακριά – ή 4,2 έτη φωτός. Για πιο κοντινά αντικείμενα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την ώρα φωτός, το λεπτό φωτός, ή ακόμα και το δευτερόλεπτο φωτός. Ο Πλούτωνας, για παράδειγμα, απέχει 5,3 λεπτά φωτός από τη Γη. Ο Ήλιος απέχει 8,3 λεπτά φωτός και η Σελήνη μόλις 1,3 δευτερόλεπτα φωτός.

## Ο ΧΑΛΛΕΪ ΚΑΙ Ο ΚΟΜΗΤΗΣ ΤΟΥ

Τη δεκαετία του 1670, οι βασιλείς τόσο της Αγγλίας όσο και της Γαλλίας ίδρυσαν Βασιλικά Αστεροσκοπεία με σκοπό την αξιοποίηση των άστρων στη ναυσιπλοΐα. Στην Αγγλία, ο διευθυντής του Βασιλικού Αστεροσκοπείου στο Γκρίνουιτς έλαβε τον τίτλο του Βασιλικού Αστρονόμου. Όταν ο Τζον Φλάμστιντ, ο πρώτος Βασιλικός Αστρονόμος, αποβίωσε το 1719, η θέση πέρασε στον βοηθό του, Έντμουντ Χάλλεϋ – τον άνθρωπο που είχε χρηματοδοτήσει ιδιωτικά την έκδοση των *Principia* του Νεύτωνα (βλ. σελ. 45).

Ένας από τους λόγους για τους οποίους ο Χάλλεϋ χρηματοδότησε την έκδοση των *Principia* ήταν επειδή είχε αντιληφθεί τη δύναμη του έργου του Νεύτωνα. Το 1684, τρία χρόνια πριν από την έκδοση του βιβλίου, ο Χάλλεϋ επισκέφτηκε τον Νεύτωνα και συζήτησε μαζί του για τη βαρύτητα και το πώς αυτή σχετίζεται με τους κομήτες – παγωμένοι όγκοι θραυσμάτων που πέφτουν σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο (αν και αυτό δεν ήταν ευρέως γνωστό εκείνη την εποχή). Το 1680, ένας εντυπωσιακός κομήτης ονόματι Κιρχ έλαμψε διασχίζοντας τον ουρανό. Ο Νεύτων χρησιμοποίησε τις παρατηρήσεις για τον κομήτη που έκανε ο Φλάμστιντ για να δείξει ότι και εκείνος υπάκουε στους νόμους του Κέπλερ – η τροχιά του ήταν ελλειπτική και επιταχυνόταν καθώς πλησίαζε τον Ήλιο– και συνεπώς, όπως και οι πλανήτες, έπρεπε να δέχεται την επίδραση της βαρύτητας του Ήλιου.

Μέχρι το 1705, ο Χάλλεϋ είχε βασιστεί στο έργο του Νεύτωνα και είχε γράψει το δικό του βιβλίο για τους κομήτες, με τίτλο *Σύνοψη της αστρονομίας των κομητών* (*Synopsis of the Astronomy of Comets*). Γνωρίζοντας πλέον ότι οι κομήτες βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο, πρότεινε ότι τρεις κομήτες οι οποίοι είχαν εμφανιστεί το 1682, το 1607 και το 1531 ήταν στην πραγματικότητα ο ίδιος κομήτης που επέστρεφε περνώντας από την περιοχή της Γης στις διαδοχικές περιφορές του. Προέβλεψε ότι ο κομήτης θα επέστρεφε ξανά το 1758.

Ο Χάλλεϋ πέθανε το 1742 και δεν πρόλαβε να δει την επιστροφή του κομήτη του ακριβώς τη χρονιά που είχε προβλέψει. Ο κομήτης έχει γίνει από τότε γνωστός ως Κομήτης του Χάλλεϋ, προς τιμήν του αστρονόμου.

Εξοπλισμένοι με αυτή τη νέα γνώση, αστρονόμοι και ιστορικοί ανέτρεξαν στην ιστορία και βρήκαν καταγραφές του ίδιου κομήτη να διατρέχουν γενιές και πλείρους. Κομήτες που παρατηρήθηκαν τον 5ο αιώνα π.Κ.Ε. στην Ελλάδα και τον 3ο αιώνα π.Κ.Ε. στην Κίνα έχουν όλα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του Χάλλεϋ. Είναι ευρέως γνωστό ότι εμφανίζεται ακόμα και στην Ταπισερί της Μπαγιέ. Ο Κομήτης του Χάλλεϋ επισκέφτηκε για τελευταία φορά το εσωτερικό ηλιακό σύστημα το 1986 και αναμένεται να επιστρέψει το 2061.

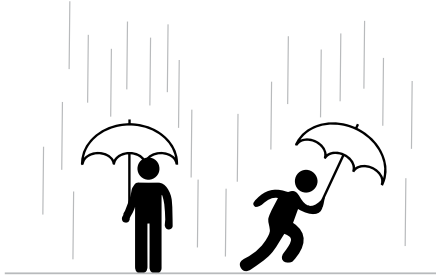
## Ο ΜΠΡΑΝΤΛΕΪ ΚΑΙ Η ΑΠΟΠΛΑΝΗΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Παρά τις επιτυχίες του Γαλιλαίου, του Κέπλερ, του Νεύτωνα και του Χάλλεϋ, η διαμάχη ανάμεσα στο τυχωνικό και στο κοπερνίκειο μοντέλο εξακολουθούσε να μαίνεται. Δεν υπήρχαν ακόμα αδιαμφισβήτητες αποδείξεις ότι η Γη πράγματι κινείται γύρω από τον Ήλιο.

Τόσο ο Πικάρ στο Παρίσι όσο και ο Φλάμστιντ στο Γκρίνουιτς παρατήρησαν ότι ο Πολικός Αστéρας –το άστρο που φαίνεται να παραμένει στην ίδια θέση σε κάθε εποχή– στην πραγματικότητα κινείται ελαφρά μπρος-πίσω κατά τη διάρκεια του έτους. Θα χρειαζόταν να έρθει ο Τζέιμς Μπράντλεϊ, ο διάδοχος του Χάλλεϋ στη θέση του Βασιλικού Αστρονόμου, για να διατυπώσει μια χειροπιαστή εξήγηση και μαζί της να θάψει όλα τα γεωκεντρικά μοντέλα.

Φανταστείτε το φως των άστρων να πέφτει στη Γη σαν βροχή. Όταν περπατάτε στη βροχή που πέφτει κατακόρυφα, φαίνε-

ται η βροχή να χτυπά την ομπρέλα σας από το πλάι υπό γωνία. Η βροχή δεν πέφτει πραγματικά υπό γωνία – η κίνησή σας στη βροχή είναι που δημιουργεί αυτό το φαινόμενο. Παρομοίως, η Γη ταξιδεύει προς μία κατεύθυνση μέσα στη «βροχή» του φωτός



*Όταν κινείστε στη βροχή, η βροχή φαίνεται να πέφτει στην ομπρέλα σας υπό γωνία*

των άστρων κατά το ένα μισό της τροχιάς της και από την αντίθετη κατεύθυνση κατά το άλλο μισό. Αυτό το φαινόμενο –γνωστό ως αποπλάνηση– κάνει τα άστρα να φαίνονται ότι κινούνται ελαφρώς στον νυχτερινό ουρανό κατά τη διάρκεια ενός έτους. Σε ένα τυχαίο σύστημα, με μια στατική Γη, δεν θα υπήρχε τέτοιο φαινόμενο. Τελικά, το 1729, ο Μπράντλεϊ παρείχε μια ακλόνητη απόδειξη ότι ζούμε σε ένα ηλιοκεντρικό, κοπερνίκαιο ηλιακό σύστημα. Ωστόσο, η Καθολική Εκκλησία συνέχισε να απαγορεύει όλα τα βιβλία για τον ηλιοκεντρισμό μέχρι το 1758.

## Η ΔΙΑΒΑΣΗ ΤΗΣ ΑΦΡΟΔΙΤΗΣ

Με τη Γη να έχει καθιερωθεί ως ένας ακόμα πλανήτης, η προσοχή των αστρονόμων στράφηκε στην ακριβή απόστασή της από τον Ήλιο. Ο μόνος τρόπος για να μετρήσουν αυτή την απόσταση

τον 18ο αιώνα ήταν με την παρατήρηση ενός σπάνιου αστρονομικού φαινομένου που ονομάζεται διάβαση της Αφροδίτης. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται όταν η Αφροδίτη περνά ακριβώς μπροστά από τον Ήλιο από τη δική μας οπτική γωνία, κάπως σαν μια μικρή πλιακή έκλειψη.

Αν παρατηρούσαμε τη διάβαση από δύο διαφορετικές τοποθεσίες στη Γη –όσο πιο μακρινές μεταξύ τους τόσο καλύτερα–, θα βλέπαμε αυτό το συμβάν να ξεκινά και να τελειώνει σε ελαφρώς διαφορετικές χρονικές στιγμές, επειδή θα βλέπαμε τον Ήλιο υπό ελαφρώς διαφορετικές γωνίες. Ο Χάλλεϋ συνειδητοποίησε ότι αυτή η χρονική διαφορά μπορεί να αξιοποιηθεί για να υπολογιστεί η απόσταση ανάμεσα στη Γη και στην Αφροδίτη· να χρησιμοποιηθεί ο Τρίτος Νόμος του Κέπλερ για να υπολογιστεί με βάση το προηγούμενο αποτέλεσμα η απόσταση Γης-Ήλιου.

Ωστόσο, καθώς ο πλανήτης φαίνεται μικρός λόγω της μεγάλης του απόστασης από εμάς, αυτά τα συμβάντα δεν γίνονται εύκολα ορατά χωρίς τηλεσκόπιο. Συμβαίνουν σε ζεύγη με οκτώ χρόνια διαφορά, αλλά κατόπιν απαιτείται πάνω από ένας αιώνας αναμονής για το επόμενο ζεύγος.

Ο Γιοχάνες Κέπλερ χρησιμοποίησε τους νόμους του της πλανητικής κίνησης για να προβλέψει ότι μία διάβαση θα συνέβαινε το 1631. Αυτή ήταν η πρώτη από αυτές τις προβλέψεις. Ο Κέπλερ είχε δίκιο· ωστόσο η διάβαση συνέβη όταν στην Ευρώπη ήταν νύχτα και κανείς δεν μπόρεσε να την παρατηρήσει. Ο Άγγλος αστρονόμος Τζερεμίας Χόροκς προέβλεψε σωστά άλλη μία διάβαση που θα συνέβαινε το 1639, και παρατηρώντας την από το σπίτι του κοντά στο Πρέστον, υπήρξε ο πρώτος άνθρωπος που είδε ποτέ μια διάβαση. Ο Έντμουντ Χάλλεϋ βρήκε το 1691 τη μέθοδο με την οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αυτά τα συμβάντα για να υπολογιστεί η απόσταση από τον Ήλιο, όμως οι αστρονόμοι έπρεπε να περιμένουν μέχρι τις επόμενες δύο διαβάσεις το 1761 και το 1769 για να κάνουν μια συντονισμένη προσπάθεια να τη χρησιμοποιήσουν.



Τέτοια ήταν η σημασία αυτής της μέτρησης –και τόσο σπάνια η δυνατότητα να πραγματοποιηθεί– ώστε οι αστρονόμοι του 18ου αιώνα κατέβαλαν μεγάλη προσπάθεια για να εξασφαλίσουν ότι δεν θα έχαναν αυτή την ευκαιρία που εμφανίζεται δύο φορές τον αιώνα. Ευρωπαϊκά αστεροσκοπεία έστειλαν αστρονόμους σε όλη τη Γη για να καταγράψουν τις διαβάσεις του 1761 και του 1769, και σε πολλαπλές τοποθεσίες για να εξασφαλίσουν ότι ο καιρός δεν θα εμπόδιζε το έργο τους. Αν μια ομάδα συναντούσε σύννεφα, μια άλλη μπορεί να έβρισκε καθαρό ουρανό.

Η Βασιλική Εταιρεία ανέθεσε στο βασιλικό πλοίο *Endeavour*, με κυβερνήτη τον Τζέιμς Κουκ, να ταξιδέψει στην Ταϊτή για να παρατηρήσει την έκλειψη του 1769. Ο Κουκ είχε επίσης μαζί του σφραγισμένες εντολές από τη βρετανική κυβέρνηση για το πώς να δράσει μετά τη διάβαση – του ανέθεταν να ψάξει στον Ειρηνικό για μια φημολογούμενη ανεξερεύνητη ήπειρο. Στις 29 Απριλίου 1770 έφτασε στον κόλπο Μπότανι (όπου βρίσκεται το σημερινό Σίδνεϊ) και αυτή η τοποθεσία έγινε η πρώτη ευρωπαϊκή αποικία στην ηπειρωτική Αυστραλία.

Οι μετρήσεις της διάβασης της Αφροδίτης από την Ταϊτή χρησιμοποιήθηκαν για να υπολογιστεί η απόσταση της Γης από τον Ήλιο· το αποτέλεσμα ήταν 93.726.900 μίλια (150.838.824 χιλιόμετρα). Η σημερινή μέτρηση είναι 149.600.000 χιλιόμετρα· επομένως οι αστρονόμοι του 18ου αιώνα έκαναν εντυπωσιακά καλούς υπολογισμούς, δεδομένης της περιορισμένης τεχνολογίας που διέθεταν.

## **ΖΥΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ**

Οι αστρονόμοι ήθελαν επίσης να γνωρίζουν το βάρος των πλανητών. Τον 18ο αιώνα ακόμα και η μάζα της Γης ήταν ένα μυστήριο. Παρά την επιτυχία του με τον κομήτη, ο Έντμουντ Χάλλεϋ

πίστευε ότι η Γη ήταν κούφια. Το 1774, ένας από τους διαδόχους του στη θέση του Βασιλικού Αστρονόμου –ο Νέβιλ Μάσκελιν– έδειξε ότι δεν ήταν.

Από την εποχή των *Principia* του Νεύτωνα γνωρίζουμε ότι κάθε αντικείμενο υφίσταται μια βαρυτική έλξη προς κάθε άλλο αντικείμενο στο σύμπαν. Όσο πιο κοντά βρίσκονται μεταξύ τους αυτά τα αντικείμενα, τόσο μεγαλύτερη η έλξη. Ο ίδιος ο Νεύτων είχε εξετάσει το ενδεχόμενο να χρησιμοποιήσει αυτή την αρχή για να υπολογίσει το βάρος της Γης. Φαντάστηκε ένα εκκρεμές δίπλα σε ένα μεγάλο βουνό. Το βαρίδι στην άκρη του εκκρεμούς δέχεται τρεις δυνάμεις: μια βαρυτική έλξη προς το βουνό, μια βαρυτική έλξη προς τη Γη και την τάση του σχοινιού που το κρατάει. Το αποτέλεσμα είναι ότι το βαρίδι ηρεμεί σε μικρή γωνία προς την κατακόρυφο στην κατεύθυνση του βουνού. Σε αυτό το σημείο η συνδυασμένη έλξη του βουνού και της Γης είναι ίση με τη δύναμη της τάσης στο σχοινί. Αν μετρήσετε τη μάζα του βουνού και τη γωνία εκτροπής του βαριδιού, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις εξισώσεις του Νεύτωνα για να υπολογίσετε τη μάζα της Γης.

Ο Νεύτων απέκλεισε τη διεξαγωγή αυτού του πειράματος για πρακτικούς λόγους, καθώς θεωρούσε ότι θα ήταν πολύ δύσκολο να μετρηθεί η εκτροπή του βαριδιού. Όμως ο Μάσκελιν ανέλαβε το εγχείρημα. Επέλεξε την κορυφή του όρους Σιχάλιον στη Σκωτία, λόγω του συμμετρικού, κωνικού του σχήματος. Είναι σχετικά εύκολο να υπολογίσεις τον όγκο ενός κώνου και αν γνωρίζεις την πυκνότητα του πετρώματος από το οποίο αποτελείται το βουνό, μπορείς να υπολογίσεις τη μάζα του. Ο Μάσκελιν έθεσε σημεία παρατήρησης και στις δύο πλευρές του όρους και, παρά τα εμπόδια εξαιτίας της κακοκαιρίας, κατάφερε τελικά να μετρήσει τη γωνία εκτροπής του εκκρεμούς χρησιμοποιώντας τα άστρα ως σημείο αναφοράς. Ο τοπογράφος Τσαρλς Χάτον άρχισε τότε να υπολογίζει τον όγκο του βουνού. Για να διευκολύνει το έργο του, χώρισε το βουνό σε τμήματα και έτσι επιτόνησε τις ισούψεις καμπύλες.

Η ομάδα του Μάσκελιν υπολόγισε μια μέση πυκνότητα για τη Γη 4,5 γραμμαρίων ανά κυβικό εκατοστό (η τιμή που υπολογίζουμε σήμερα είναι 5,5 g/cm<sup>3</sup>). Δεδομένου ότι η μέση πυκνότητα του όρου Σιχάλιον ήταν μόλις 2,5 g/cm<sup>3</sup>, έπρεπε να υπάρχει πολύ πιο βαρύ υλικό από το βουνό κάτω από την επιφάνεια της Γης – ο πλανήτης μας δεν μπορεί να είναι κούφιος. Μέχρι τότε

Σώμα	Μάζα	Πυκνότητα
Γη	5,97 x 10 <sup>24</sup> kg	5,5 g/cm <sup>3</sup>
Σε σύγκριση με τη Γη		
Ήλιος	333.000	
Σελήνη	0,01	0,61
Ερμής	0,06	0,98
Αφροδίτη	0,82	0,95
Άρης	0,11	0,71
Δίας	317,8	0,24
Κρόνος	95,2	0,13
Ουρανός	14,5	0,23
Ποσειδώνας	17,1	0,30

οι πυκνότητες του Ήλιου, της Σελήνης και των πλανητών ήταν γνωστές μόνο ως πολλαπλάσια της Γης. Μόλις έγινε γνωστή η μέση πυκνότητα της Γης, οι αστρονόμοι μπορούσαν να εξετάσουν και την πυκνότητα και τη μάζα όλων των άλλων μεγάλων αντικειμένων στο Ηλιακό Σύστημα. Ένα βουνό στη Σκωτία έγινε πρακτικά η ζυγαριά για όλη την οικογένεια των κόσμων σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο.

## Ο ΧΕΡΣΕΛ ΚΑΙ Ο ΟΥΡΑΝΟΣ

Στις 13 Μαρτίου 1781, ο Ουίλιαμ Χέρσελ διπλασίασε το μέγεθος του γνωστού ηλιακού συστήματος μέσα σε μια νύχτα. Από το σπίτι του στο Μπαθ, στην Αγγλία, ανακάλυψε έναν εντελώς νέο πλανήτη δυο φορές πιο μακριά από τον Ήλιο απ' ό,τι ο Κρόνος. Καθώς όλοι οι άλλοι πλανήτες ήταν γνωστοί από την αρχαιότητα, αυτή ήταν η πρώτη φορά που ένας πλανήτης είχε αληθινά «ανακαλυφθεί». Όπως έχει αποδειχθεί, πολλοί αστρονόμοι –ανάμεσα τους και αρκετοί Βασιλικοί Αστρονόμοι στο Γκρίνουιτς– τον είχαν παρατηρήσει παλαιότερα, όμως επειδή κινείται τόσο αργά πάνω στην εκλειπτική, τον εκλάμβαναν ως απλανή αστέρα. Αρχικά, ο Χέρσελ νόμιζε ότι ήταν κομήτης, σταδιακά όμως αντιλήφθηκε την πραγματική του φύση.

Ωστόσο χρειάστηκε σχεδόν ένας αιώνας μέχρι να συμφωνήσουν όλοι σε ένα όνομα γι' αυτή τη νέα ανακάλυψη. Ως αυτός που την έκανε, ο Χέρσελ είχε τα αρχικά δικαιώματα ονοματοδοσίας και επέλεξε το *Georgium Sidus* (ή Άστρο του Γεωργίου) προς τιμήν του βασιλιά Γεωργίου Γ' που είχε προσλάβει τον Χέρσελ ως αστρονόμο. Όπως μπορείτε να φανταστείτε, αυτό το όνομα δεν ήταν ιδιαίτερα δημοφιλές σε άλλες χώρες. Ως το 1782, το όνομα Ουρανός είχε προταθεί ως μια κομψή εναλλακτική, καθώς ο Ουρανός ήταν ο πατέρας του Κρόνου, ο οποίος με τη σειρά του ήταν ο πατέρας του Δία. Όμως χρειάστηκε να φτάσουμε στο 1850 προτού υιοθετηθεί επισήμως αυτό το όνομα. Το όνομα όντως κάνει τον πλανήτη να ξεχωρίζει. Όλοι οι άλλοι πλανήτες (εκτός από τη Γη) έχουν ονόματα ρωμαϊκών θεών – ο Ουρανός είναι ο μόνος που έχει ελληνικό όνομα.\*

---

\* Στα αγγλικά, τα ονόματα των υπόλοιπων πλανητών του ηλιακού μας συστήματος είναι Mercury, Venus, Mars, Jupiter, Saturn και Neptune, όλα αντλημένα από το ρωμαϊκό πάνθεον. (Σ.τ.Μ.)

## Ο ΧΕΡΣΕΛ ΚΑΙ ΤΟ ΥΠΕΡΥΘΡΟ ΦΩΣ

Το 1800 ο Χέρσελ έκανε μια ανακάλυψη η οποία αναμφίβολα ήταν πιο σημαντική από την ανακάλυψη ενός νέου πλανήτη: ανακάλυψε μια εντελώς νέα μορφή φωτός.

Όπως και ο Νεύτων έναν αιώνα πριν, ο Χέρσελ διεξήγαγε πειράματα με πρίσματα. Είχε φτάσει να υποψιάζεται ότι υπάρχει κάποιος συσχετισμός ανάμεσα στο χρώμα και στη θερμοκρασία. Έτσι, πέρασε ηλιακό φως μέσα από ένα πρίσμα και τοποθέτησε θερμομέτρα σε διαφορετικές θέσεις στο χρωματικό φάσμα που δημιουργήθηκε. Ο Χέρσελ εντόπισε τις υψηλότερες θερμοκρασίες στο ερυθρό άκρο του φάσματος. Τότε έκανε κάτι εντυπωσιακό: μετέφερε το θερμομέτρο πέρα από την ερυθρή ζώνη του φωτός σε ένα πεδίο όπου φαινόταν να μην υπάρχει καθόλου φως. Το θερμομέτρό του κατέγραψε ακόμα μεγαλύτερη θερμοκρασία σε αυτή την περιοχή από οπουδήποτε αλλού στο χρωματικό φάσμα.

Ο Χέρσελ υπέθεσε ότι πρέπει να υπάρχουν κάποιες αόρατες «θερμαντικές ακτίνες» πέρα από το κόκκινο άκρο του φάσματος του φωτός. Τα επόμενα πειράματά του με αυτές τις ακτίνες έδειξαν ότι συμπεριφέρονταν όπως ακριβώς οι συνήθεις ακτίνες του φωτός. Σήμερα γνωρίζουμε αυτές τις θερμαντικές ακτίνες ως υπέρυθρη ακτινοβολία. Είναι το αόρατο φως που εκπέμπεται από τα θερμά αντικείμενα – αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο σύγχρονες κάμερες υπέρυθρων χρησιμοποιούνται για να εντοπίζουν θερμικές εκπομπές σε αστυνομικές καταδιώξεις, πεδία μαχών και περιοχές που έχουν πληγεί από φυσικές καταστροφές.

Η ανακάλυψη του Χέρσελ ήταν η πρώτη ένδειξη για την ύπαρξη φωτός πέρα από αυτό που μπορούν να αντιληφθούν τα μάτια μας. Όπως υπάρχουν ήχοι με συχνότητες πολύ χαμηλές ή πολύ υψηλές για να τους αντιληφθεί το ανθρώπινο αυτί, έτσι υπάρχουν και συχνότητες του φωτός πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές για να τις δουν τα μάτια μας. Οι σύγχρονοι φυσικοί

αναφέρονται στο πλήρες φάσμα των συχνοτήτων του φωτός ως *ηλεκτρομαγνητικό φάσμα*. Το τελευταίο εκτείνεται από τα ραδιοκύματα και τα μικροκύματα, στο άκρο των χαμηλών συχνοτήτων, ως τις υπέρυθρες ακτίνες, το ορατό φως, τις υπεριώδεις ακτίνες, τις ακτίνες Χ και τις ακτίνες γ. Ένας αστρονόμος όλα αυτά θα τα αποκαλούσε φως.

Τα πρώτα τηλεσκόπια ήταν όλα ευαίσθητα στο ίδιο φως που μπορούν να αντιληφθούν τα μάτια μας – στο ορατό φως. Όμως οι σύγχρονοι αστρονόμοι διαθέτουν μια σειρά από τηλεσκόπια ικανά να δουν σε όλες τις συχνότητες του φωτός, από τα ραδιοκύματα ως τις ακτίνες γ. Αν περιοριζόμασταν μόνο στο ορατό φως, θα χάναμε μεγάλο μέρος των πληροφοριών που φτάνουν στη Γη από το διάστημα.

Όταν ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος εκτόξευσε το 2009 το μεγαλύτερο υπέρυθρο διαστημικό τηλεσκόπιο, το ονόμασε Χέρσελ (Herschel) προς αναγνώριση της σημαντικής ανακάλυψής του.

## Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ

Αν ο Ουρανός ανακαλύφθηκε κατά λάθος, η ανακάλυψη του Ποσειδώνα ήταν σχεδιασμένη. Οι αστρονόμοι μελετούσαν εξονυχιστικά την τροχιά του Ουρανού τις δεκαετίες που ακολούθησαν την ανακάλυψή του και εντόπισαν μερικές ανωμαλίες. Ο πλανήτης δεν εμφανιζόταν πάντα στο σημείο όπου οι εξισώσεις του Κέπλερ και του Νεύτωνα έδειχναν ότι θα έπρεπε να βρίσκεται.

Ωστόσο, σύντομα συνειδητοποιήσαν ότι δεν έσφαλαν οι νόμοι. Αυτό που παρατηρούσαν οι αστρονόμοι ήταν έναν άλλο, πιο μακρινό πλανήτη να επηρεάζει την τροχιά του Ουρανού. Καθώς ο Ουρανός προσεγγίζει αυτό τον αθέατο πλανήτη, έλκεται από αυτόν και επιταχύνει. Μόλις τον προσπεράσει, ο πλανήτης προ-

σπαθεί να τον τραβήξει πίσω από την άλλη πλευρά και έτσι ο Ουρανός ελαφρώς επιβραδύνει.

Ο Γάλλος μαθηματικός Ουρμπέν Λε Βεριέ χρησιμοποίησε τις εξισώσεις του Κέπλερ και του Νεύτωνα για να υπολογίσει πού πρέπει να βρίσκεται αυτός ο πλανήτης που παρενέβαινε με αυτόν τον τρόπο. Ο Λε Βεριέ έστειλε κατόπιν τον υπολογισμό του στον Γερμανό αστρονόμο Γιόχαν Γκάλε στο Βερολίνο, ο οποίος έστρεψε το τηλεσκόπιό του σε αυτές τις συντεταγμένες και βρήκε τον Ποσειδώνα να τον περιμένει (βρισκόταν μία μοίρα από εκεί όπου είχε πει ο Λε Βεριέ ότι θα ήταν). Εκ των υστέρων γνωρίζουμε ότι ο Ποσειδώνας, όπως και ο Ουρανός, είχε παρατηρηθεί αρκετές φορές στο παρελθόν (ακόμα και από τον Γαλιλαίο), όμως η αργή ταχύτητά του τον έκανε να φαίνεται πανομοιότυπος με απλανή αστέρα.

## Ο ΑΪΝΣΤΑΪΝ ΚΑΙ Η ΕΙΔΙΚΗ ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑ

Πρόκειται για την πιο διάσημη εξίσωση. Το 1905, η εξίσωση  $E=mc^2$  έκανε την εμφάνισή της όταν ο Άλμπερτ Αϊνστάιν δημοσίευσε την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας. Η εξίσωση λέει ότι η ενέργεια  $E$  ισοδυναμεί με τη μάζα  $m$ . Για να υπολογίσεις πόση ενέργεια είναι κλεισμένη μέσα σε ένα αντικείμενο, πολλαπλασιάζεις τη μάζα του με την ταχύτητα του φωτός  $c$  στο τετράγωνο.

Το 1905 ήταν ένα έτος έντονης δραστηριότητας για τον Αϊνστάιν – δημοσίευσε δύο ακόμα εργασίες-ορόσημα. Η μία από αυτές θα του απέφερε αργότερα το Βραβείο Νόμπελ Φυσικής το 1921, για την ανακάλυψη ότι το φως αποτελείται από σωματίδια που ονομάζονται φωτόνια. Οι ανακαλύψεις του ήταν ιδιαίτερα εντυπωσιακές, δεδομένου ότι τότε βρισκόταν εκτός ακαδημαϊκής κοινότητας, εργαζόμενος ως υπάλληλος στο γραφείο ευρεσιτεχνιών στη Βέρνη της Ελβετίας.

Η Θεωρία της Ειδικής Σχετικότητας πηγαιίνει το έργο του Όλε Ρέμερ για το φως (βλ. σελ. 47) ένα βήμα παραπέρα. Ο Αϊνστάιν είπε ότι όχι μόνο η ταχύτητα του φωτός είναι πεπερασμένη, αλλά αποτελεί επίσης το κοσμικό όριο ταχύτητας. Τίποτα δεν μπορεί να ταξιδέψει στον χώρο πιο γρήγορα από το φως. Αυτή η ιδέα απορρέει φυσικά από την εξίσωση  $E = mc^2$ . Όσο πιο γρήγορα κινείσαι, τόσο μεγαλύτερη ενέργεια έχεις. Όμως η εξίσωση μας λέει ότι αύξηση της ενέργειας σημαίνει επίσης αύξηση της μάζας. Επομένως, όσο πιο γρήγορα κινείσαι, τόσο πιο βαρύς γίνεσαι. Τα πιο βαριά αντικείμενα είναι πιο δύσκολο να κινηθούν και απαιτούν περισσότερη ενέργεια για να αυξηθεί η ταχύτητά τους. Αν ταξιδεύουν πιο γρήγορα, γίνονται και πάλι πιο βαριά. Εντέλει, ένα αντικείμενο με μεγάλη ταχύτητα γίνεται τόσο βαρύ, ώστε θα χρειαζόταν άπειρη ποσότητα ενέργειας για να επιταχυνθεί ακόμα περισσότερο. Αυτό το όριο είναι η ταχύτητα του φωτός.

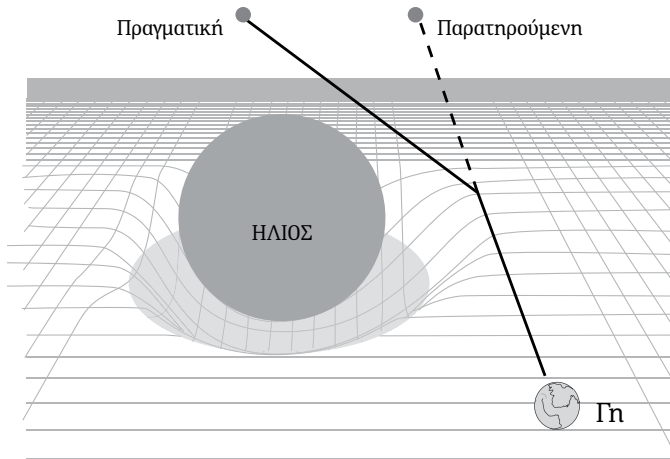
## Ο ΑΪΝΣΤΑΪΝ ΚΑΙ Η ΓΕΝΙΚΗ ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑ

Στον Αϊνστάιν δεν αρκούσε να χαρίσει στον κόσμο την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας. Έτσι, το 1915 δημοσίευσε και τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας. Με αυτό το έργο έφερε επανάσταση στις ιδέες μας για τη βαρύτητα.

Ο Νεύτων θεωρούσε τη βαρύτητα μια έλξη που ασκούν διαμέσου του κενού χώρου αντικείμενα με μεγάλη μάζα. Για τον Νεύτωνα, αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η Γη βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο. Ο Αϊνστάιν πρότεινε αντίθετα ότι η Γη βρίσκεται σε τροχιά επειδή ο Ήλιος αλλάζει το σχήμα του χώρου γύρω του. Ο Αϊνστάιν συνδύασε τις τρεις διαστάσεις του χώρου και τη μία του χρόνου σε έναν τετραδιάστατο ιστό τον οποίο ονόμασε *χωροχρόνο* και υποστήριξε ότι τα αντικείμενα με μεγάλη μάζα τον στρεβλώνουν.



Ο κλασικός τρόπος για να απεικονίσουμε αυτή την ιδέα είναι να φανταστούμε τον χωροχρόνο σαν ένα σεντόνι τεντωμένο από τις γωνίες. Τοποθετήστε μια μπάλα του μπόουλινγκ στο κέντρο ως αναπαράσταση του Ήλιου και τότε το σεντόνι θα βαθουλωθεί, δημιουργώντας ένα κοίλωμα –ή πηγάδι– στη μέση. Πάρτε μια μπάλα του τένις ως αναπαράσταση της Γης και κυλίστε την γύρω από το χείλος του πηγαδιού. Τότε εκείνη θα κινηθεί σε τροχιά γύρω από την μπάλα του μπόουλινγκ.



*Ο Αϊνστάιν είπε ότι τα αντικείμενα με μεγάλη μάζα στρεβλώνουν έναν τετραδιάστατο ιστό που ονομάζεται χωροχρόνος και ότι αυτό μπορεί να καμπυλώνει το φως από μακρινά άστρα.*

Οι αστρονόμοι γνώριζαν από καιρό ότι η νευτώνεια βαρύτητα δεν μπορεί να εξηγήσει τις ανωμαλίες της τροχιάς του Ερμή. Όταν ο Αϊνστάιν εφάρμοσε την ιδέα του καμπυλωμένου χωροχρόνου στην τροχιά του Ερμή, η ιδέα του ταίριαξε απόλυτα. Για

**ΑΛΜΠΕΡΤ ΑΪΝΣΤΑΪΝ (1879-1955)**

Κανέναν επιστήμονα που προηγήθηκε ή ακολούθησε δεν είναι τόσο διάσημος όσο ο Άλμπερτ Αϊνστάιν. Το πρόσωπό του κοσμεί ρούχα, αφίσες και κούπες σε όλο τον κόσμο. Το έργο του είναι διαχρονικά σημαντικό και οι φυσικοί ακόμα και σήμερα βρίσκουν αποδείξεις για την εγκυρότητά του, πάνω από εκατό χρόνια μετά τη δημοσίευση της Ειδικής και της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας. Καλώς ή κακώς, η εικόνα του γκριζομάλλη «τρελού» επιστήμονα με την οποία έχει ταυτιστεί, έχει γίνει η στερεοτυπική εικόνα της επιστημονικής ιδιοφυΐας.

Αναμφίβολα η ζωή του υπήρξε συναρπαστική. Το 1903 παντρεύτηκε τη συμφοιτήριά του στη φυσική, Μιλέβα Μάριτς, όμως αργότερα ξεκίνησε μια ερωτική σχέση με την πρώτη εξαδέλφη του Έλσα. Η Έλσα και ο Άλμπερτ παντρεύτηκαν το 1919 και έμειναν μαζί ως τον θάνατό της το 1936. Λέγεται ότι ο Άλμπερτ ήταν συντετριμμένος από τον θάνατό της.

Γεννημένος Γερμανός και Εβραίος, μετοίκησε στην Αμερική μόλις ο Αδόλφος Χίτλερ ανέβηκε στην εξουσία, και έγινε Αμερικανός πολίτης το 1940. Το 1952 του προσφέρθηκε η θέση του προέδρου του Ισραήλ, όμως την αρνήθηκε. Πέθανε το 1955 από ανεύρησμα. Ο εγκέφαλός του αφαιρέθηκε από το σώμα του –χωρίς την άδειά του– κατά τη νεκροψία για περαιτέρω μελέτες σχετικές με τη νοημοσύνη.

βεβαιότητα, ωστόσο, χρειαζόμασταν έναν άλλο τρόπο για να την ελέγξουμε. Το μυστικό ήταν η αξιοποίηση της μοναδικής περιστασης μιας ηλιακής έκλειψης.

Τόσο ο Αϊνστάιν όσο και ο Νεύτων συμφωνούσαν ότι η βαρύτητα του Ήλιου καμπυλώνει το φως από μακρινά αστέρια, όμως διαφωνούσαν ως προς το πόσο. Έτσι, το 1919, ο Βρετανός αστρονόμος Άρθουρ Έντινγκτον στάλθηκε στη μικρή αφρικανι-

κή νήσο Πρίνσιπε για να το διαπιστώσει. Κανονικά, κατά τη διάρκεια της ημέρας δεν μπορείς να δεις στον ουρανό τα άστρα που βρίσκονται κοντά στον Ήλιο. Ωστόσο, στη διάρκεια μιας ηλιακής έκλειψης, η Σελήνη κρύβει τη λάμψη του Ήλιου. Ο Έντινγκτον άδραξε την ευκαιρία για να φωτογραφήσει τα άστρα που βρίσκονται κοντά στον Ήλιο.

Και, φυσικά, τα άστρα βρίσκονταν ακριβώς εκεί όπου είχε πει ο Αϊνστάιν ότι θα ήταν, μετατοπισμένα από την κανονική τους θέση, ακριβώς όπως θα ήταν αν το φως τους είχε ακολουθήσει μια καμπύλη διαδρομή λόγω της στρέβλωσης του χωροχρόνου που προκαλεί ο Ήλιος γύρω του (βλ. σελ. 60). Η γενική σχετικότητα παραμένει η καλύτερη θεωρία που έχουμε για τη βαρύτητα και μέχρι σήμερα έχει περάσει με απόλυτη επιτυχία κάθε δοκιμασία στην οποία την έχουμε υποβάλει.

