

Κοίτα, παππού! Λίγο πριν αυτό το κοτοπουλάκι εξαντλήσει τους πόρους του περιβάλλοντός του μέσα στο αυγό και ξεπιδώσει έξω, θα πρέπει να πιστέυε πως είχε φτάσει το τέλος του. Αυτό, όμως, που έμοιαζε με τέλος ήταν μια καινούργια αρχή. Είμαστε, άραγε, και εμείς σαν και αυτό έτοιμοι να ξεπιδώσουμε σε ένα νέο περιβάλλον και να κατακτήσουμε μια νέα αντίληψη για τη θέση μας στο σύμπαν;



1

ΠΕΡΙ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



Οι κυκλικές κηλίδες φωτός που περιστοιχίζουν τη Λίλιαν Λη είναι είδωλα του Ηλίου που σχηματίζονται από μικρά ανοίγματα στις φυλλωσιές των δέντρων. Κατά τη διάρκεια μιας μερικής έκλειψης, οι φωτεινές κηλίδες έχουν σχήμα ημισελήνου.

Ο όρος *θετικές επιστήμες* δηλώνει κατ' αρχάς το σύνολο των γνώσεων οι οποίες περιγράφουν την τάξη που διέπει τη φύση και τα αίτια της τάξης αυτής. Παράλληλα, αναφέρεται σε μια συνεχή ανθρώπινη δραστηριότητα, που αντιπροσωπεύει τις συλλογικές προσπάθειες, τα επιτεύγματα και τη σοφία του ανθρώπινου γένους, αφοσιωμένη στη συγκέντρωση γνώσεων για τον κόσμο και στην οργάνωση και συμπύκνωση των γνώσεων αυτών σε ελέγξιμους νόμους και θεωρίες. Οι απαρχές των θετικών επιστημών τοποθετούνται χρονικά πριν από την καταγεγραμμένη ιστορία, την εποχή που οι άνθρωποι ανακάλυψαν για πρώτη φορά στη φύση κανονικότητες και σχέσεις αλληλεξάρτησης, όπως οι κινήσεις των αστερισμών στον νυχτερινό ουρανό και η περιοδικότητα των μετεωρολογικών φαινομένων - π.χ. η έναρξη της εποχής των βροχών ή η εποχή όπου άρχιζαν να μεγαλώνουν οι μέρες. Από τις κανονικότητες αυτές, οι άνθρωποι έμαθαν πώς να κάνουν προβλέψεις, οι οποίες τους επέτρεψαν να αποκτήσουν κάποιον έλεγχο πάνω στο περιβάλλον τους.

Οι θετικές επιστήμες γνώρισαν για πρώτη φορά μεγάλη ανάπτυξη στην Αρχαία Ελλάδα, τον 4ο και τον 3ο π.Χ. αιώνα, και διαδόθηκαν σε όλη τη λεκάνη της Μεσογείου. Ωστόσο, η επιστημονική πρόοδος στην Ευρώπη διακόπηκε όταν κατέρρευσε η Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία, τον 5ο μ.Χ. αιώνα. Οι ορδές των βαρβάρων, κατακλύζοντας την Ευρώπη, κατέστρεψαν σχεδόν τα πάντα στο πέρασμά τους, εγκαινιάζοντας την περίοδο της ευρωπαϊκής ιστορίας που έγινε γνωστή ως Μεσαίωνας. Την ίδια εποχή, οι Κινέζοι και οι Πολυνήσιοι χαρτογραφούσαν τις θέσεις των άστρων και των πλανητών, ενώ οι Άραβες καλλιεργούσαν τα μαθηματικά και συγκέντρωναν γνώσεις για την παρασκευή του γυαλιού και του χαρτιού, για την κατεργασία των μετάλλων και για διάφορες χημικές ουσίες. Την επιστημονική παράδοση της Αρχαίας Ελλάδας εισήγαγαν εκ νέου στην Ευρώπη μουσουλμάνοι στοχαστές που άκμασαν στην Ισπανία κατά τη διάρκεια του 10ου, 11ου και 12ου αιώνα. Τον 13ο αιώνα άρχισαν να ιδρύονται στην Ευρώπη πανεπιστήμια, ενώ η διάδοση της χρήσης της πυρίτιδας κατά τον επόμενο αιώνα άλλαξε την κοινωνική και πολιτική δομή ολόκληρης της ηπείρου. Ο 15ος αιώνας είδε την τέχνη και την επιστήμη να

συνδυάζονται αρμονικά από τον Λεονάρντο ντα Βίντσι (Leonardo da Vinci). Η έλευση της τυπογραφίας τον 16ο αιώνα έδωσε νέα ώθηση στην επιστημονική σκέψη.

Ο Πολωνός αστρονόμος του 16ου αιώνα Νικόλαος Κοπέρνικος (Nicolaus Copernicus) προκάλεσε έντονες αντιπαραθέσεις όταν δημοσίευσε ένα βιβλίο στο οποίο υποστήριζε πως ο Ήλιος είναι ακίνητος και πως η Γη κινείται γύρω από αυτόν. Οι ιδέες αυτές έρχονταν σε αντίθεση με τις διαδεδομένες αντιλήψεις ότι η Γη ήταν το κέντρο του σύμπαντος. Επίσης, έρχονταν σε αντίθεση με τη διδασκαλία της Εκκλησίας, και για τον λόγο αυτό απαγορεύτηκαν επί δύο αιώνες. Ο Ιταλός φυσικός Γαλιλαίος (Galileo Galilei) διώχθηκε επειδή διέδωσε τη θεωρία του Κοπέρνικου καθώς και για τη λοιπή συνεισφορά του στην επιστημονική σκέψη. Έναν αιώνα αργότερα, όμως, οι απόψεις του Κοπέρνικου είχαν γίνει αποδεκτές.

Αυτή η αλληλουχία γεγονότων επαναλαμβάνεται σε κάθε εποχή. Στις αρχές του 19ου αιώνα, οι γεωλόγοι δέχθηκαν σφοδρές επικρίσεις, επειδή οι θεωρίες τους για τη δημιουργία του κόσμου απέκλιναν από την εκδοχή της Γενέσεως. Αργότερα, τον ίδιο αιώνα, η γεωλογία έγινε αποδεκτή, αλλά οι θεωρίες της εξέλιξης καταδικάστηκαν και η διδασκαλία τους απαγορεύτηκε. Κάθε εποχή έχει μία ή περισσότερες ομάδες ανταρτών της διανόησης που επικρίνονται με σφοδρότητα, και ενίοτε διώκονται, αλλά που αργότερα θεωρούνται ακίνδυνοι και, συχνά, σημαντικοί για την εξέλιξη του ανθρώπινου πολιτισμού. «Σε κάθε σταυροδρόμι της πορείας που οδηγεί στο μέλλον, κάθε προοδευτικό πνεύμα έχει να αντιμετωπίσει χίλιους ανθρώπους ταγμένους να διαφυλάσσουν το παρελθόν».*

Επιστημονικές μετρήσεις

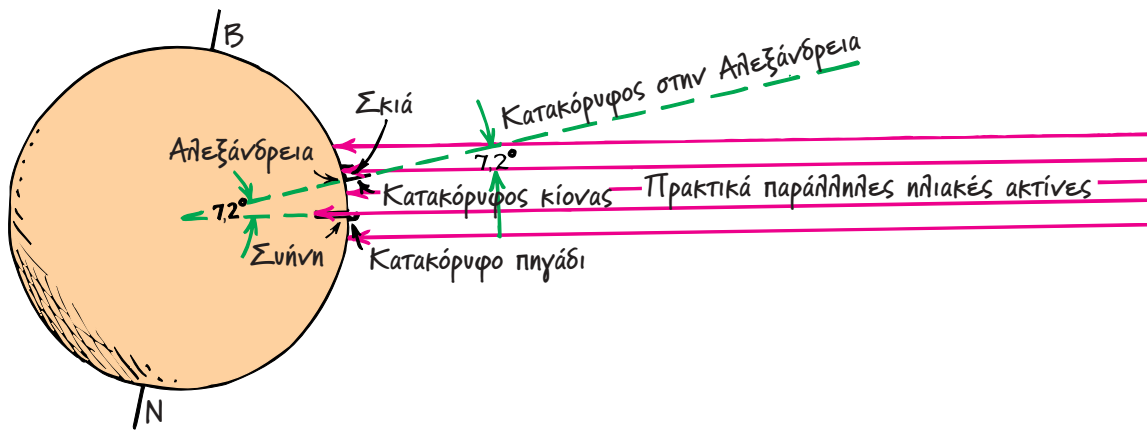
Οι μετρήσεις αποτελούν τεκμήριο ορθής επιστημονικής προσέγγισης. Το εύρος των γνώσεών μας σχετικά με κάτι συχνά συνδέεται με το πόσο καλά μπορούμε να το μετρήσουμε. Η άποψη αυτή διατυπώθηκε πολύ εύστοχα τον 19ο αιώνα από τον κορυφαίο φυσικό Λόρδο Κέλβιν (Lord Kelvin): «Λέω συχνά πως αν κάτι μπορούμε να το μετρήσουμε και να το εκφράσουμε με αριθμούς, τότε γνωρίζουμε κάτι για αυτό. Όταν δεν μπορούμε να το μετρήσουμε, όταν αδυνατούμε να το εκφράσουμε με αριθμούς, τότε η γνώση που διαθέτουμε είναι ισχνή και ανεπαρκής. Ίσως αποτελεί αφετηρία γνώσης, αλλά στις σκέψεις μας ελάχιστα έχουμε προσεγγίσει το επίπεδο της επιστήμης, όποιο και αν είναι αυτό.» Οι επιστημονικές μετρήσεις δεν αποτελούν κάποια πρόσφατη καινοτομία: ανάγονται στους αρχαίους χρόνους. Τον 3ο π.Χ. αιώνα, λόγου χάριν, έγιναν αρκετά ακριβείς μετρήσεις των διαστάσεων της Γης, της Σελήνης, του Ηλίου, καθώς και των αποστάσεων μεταξύ αυτών των σωμάτων.

Το μέγεθος της Γης

Οι διαστάσεις της Γης μετρήθηκαν για πρώτη φορά στην Αίγυπτο από τον γεωγράφο και μαθηματικό Ερατοσθένη, γύρω στο 235 π.Χ.[†] Ο Ερατοσθένης υπολόγισε την περίμετρο της Γης με τον ακόλουθο τρόπο. Γνώριζε ότι ο Ήλιος φθάνει στο ζενίθ το μεσημέρι της 22ας Ιουνίου, κατά το θερινό ηλιοστάσιο. Εκείνη τη χρονική στιγμή μια κατακόρυφη ράβδος ρίχνει τη μικρότερη σκιά της. Εάν ο Ήλιος βρίσκεται ακριβώς από πάνω, σε κατακόρυφη θέση (δηλ. μεσουραναί), η ράβδος δεν δημιουργεί καθόλου σκιά. Αυτό παρατηρείται στη Σύνη, μια πόλη νότια της Αλεξάνδρειας (σήμερα εκεί βρίσκεται το Φράγμα του Ασουάν). Ο Ερατοσθένης πληροφορήθηκε ότι ο Ήλιος μεσουραναί στη Σύνη από σχόλια σε βιβλία, τα οποία ανέφεραν πως τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή οι ακτίνες του Ηλίου εισχωρούν κατευθείαν μέχρι τον

* Μωρίς Μαίτερλινκ (Maurice Maeterlinck), «Το κοινωνικό μας καθήκον» (απόσπασμα).

[†] Ο Ερατοσθένης ήταν δεύτερος τη τάξει βιβλιοθηκάριος στο Πανεπιστήμιο της Αλεξάνδρειας, το οποίο είχε ιδρύσει ο Μέγας Αλέξανδρος. Υπήρξε ένας από τους εξέχοντες λογίους της εποχής του και έγραψε περί ζητημάτων φιλοσοφίας, φιλολογίας και θετικών επιστημών. Ως μαθηματικός, επινόησε μια μέθοδο εύρεσης πρώτων αριθμών. Η φήμη του μεταξύ των στοχαστών της εποχής ήταν τεράστια – ο Αρχιμήδης του αφιέρωσε ένα βιβλίο του. Ως γεωγράφος, ο Ερατοσθένης έγραψε τη *Γεωγραφία*, το πρώτο βιβλίο που έθετε τη γεωγραφία σε μαθηματική βάση και που πραγματευόταν τη Γη ως σφαίρα η οποία χωρίζεται σε ψυχρή, εύκρατη και διακεκαυμένη ζώνη. Το έργο αυτό παρέμεινε θεμελιώδες για μεγάλο χρονικό διάστημα, ενώ έναν αιώνα αργότερα χρησιμοποιήθηκε από τον Ιούλιο Καίσαρα. Ο Ερατοσθένης πέρασε το μεγαλύτερο μέρος της ζωής του στην Αλεξάνδρεια, όπου και πέθανε το 195 π.Χ.



ΕΙΚΟΝΑ 1.1 Όταν ο Ήλιος μεσουρανεί στη Συήνη, δεν βρίσκεται σε απολύτως κατακόρυφη θέση στην Αλεξάνδρεια, 800 χιλιόμετρα προς Βορράν. Όταν οι ηλιακές ακτίνες εισχωρούν κατευθείαν στο εσωτερικό ενός κατακόρυφου πηγαδιού της Συήνης, δημιουργούν σκιά σε έναν κατακόρυφο κίονα της Αλεξάνδρειας. Οι κατακόρυφες ευθείες στις δύο τοποθεσίες εκτείνονται μέχρι το κέντρο της Γης, και η μεταξύ τους γωνία είναι ίση με αυτήν που σχηματίζουν οι ακτίνες του Ηλίου με τον κίονα στην Αλεξάνδρεια. Ο Ερατοσθένης μέτρησε ότι η γωνία αυτή είναι ίση με το $1/50$ ενός πλήρους κύκλου. Συνεπώς, η απόσταση Αλεξάνδρειας-Συήνης είναι το $1/50$ της περιμέτρου της Γης. (Εναλλακτικά, η σκιά του κίονα είναι ίση με το $1/8$ του ύψους του, που σημαίνει ότι η απόσταση μεταξύ των δύο πόλεων είναι ίση με το $1/8$ της ακτίνας της Γης.)

πυθμένα ενός βαθιού πηγαδιού και ανακλώνται κατά την ίδια διεύθυνση. Ο Ερατοσθένης σκέφτηκε ότι αν οι ακτίνες του Ηλίου συνέχιζαν στο σημείο αυτό την πορεία τους μέσα στη Γη θα περνούσαν από το κέντρο της. Παρομοίως, μια κατακόρυφη γραμμή στην Αλεξάνδρεια (ή οπουδήποτε αλλού) αν συνεχιζόταν στο εσωτερικό της Γης θα περνούσε επίσης από το κέντρο της.

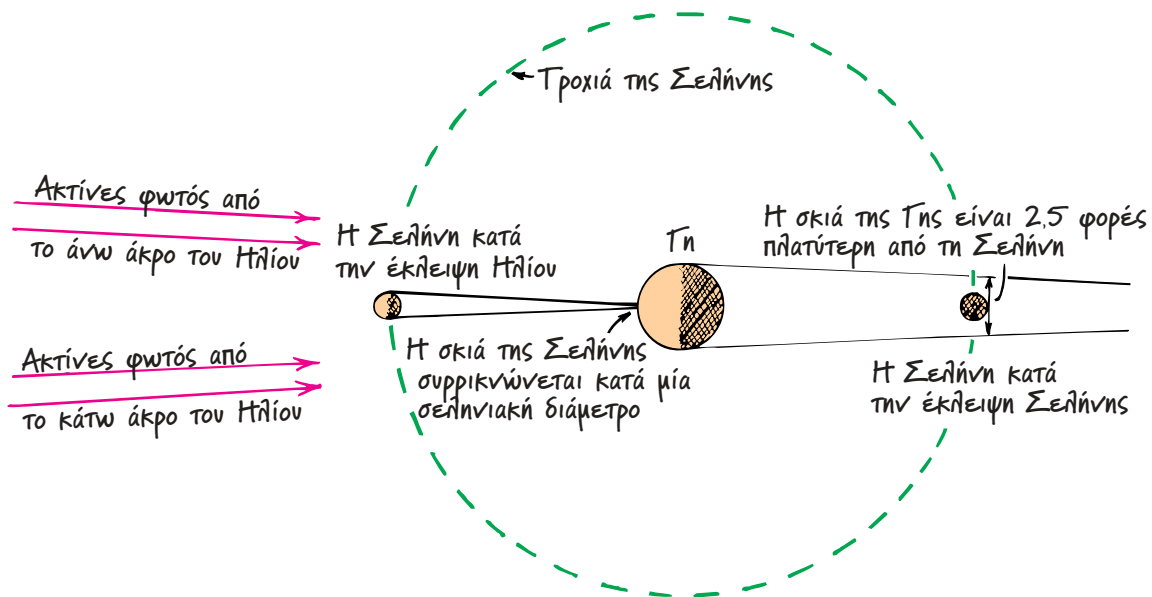
Το μεσημέρι της 22ας Ιουνίου, ο Αλεξανδρινός επιστήμονας μέτρησε τη σκιά που δημιουργούσε ένας κίονας στην Αλεξάνδρεια και βρήκε ότι ανέρχεται στο $1/8$ του ύψους του (Εικόνα 1.1). Αυτό αντιστοιχεί σε μια γωνία $7,2^\circ$ μεταξύ ηλιακών ακτίνων και κατακόρυφου κίονα. Δεδομένου ότι $7,2^\circ$ είναι $7,2/360$ ή $1/50$ του κύκλου, ο Ερατοσθένης συμπέρανε ότι η απόσταση από την Αλεξάνδρεια μέχρι τη Συήνη θα πρέπει να ισούται με το $1/50$ της περιμέτρου της Γης. Συνεπώς, η περίμετρος της Γης είναι 50 φορές μεγαλύτερη από την απόσταση μεταξύ των δύο πόλεων. Η απόσταση Αλεξάνδρειας-Συήνης, διαδρομής πολυσύχναστης, σε ομαλό ανάγλυφο, είχε βρεθεί από χωρομέτρους ότι ανέρχεται σε 5000 στάδια (800 χιλιόμετρα). Έτσι, ο Ερατοσθένης υπολόγισε την περίμετρο της γήινης σφαίρας σε $50 \times 5000 = 250.000$ στάδια. Η τιμή αυτή διαφέρει λιγότερο από 5% από την τιμή που δεχόμαστε σήμερα για την περίμετρο της Γης.

Στο ίδιο αποτέλεσμα καταλήγουμε αν αγνοήσουμε πλήρως τις γωνίες και συγκρίνουμε το μήκος της σκιάς που ρίχνει ο κίονας με το ύψος του κίονα. Εφαρμόζοντας στοιχειώδεις αρχές της γεωμετρίας, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο λόγος μήκος σκιάς/ύψος κίονα ισούται, κατά προσέγγιση, με τον λόγο απόσταση Αλεξάνδρειας-Συήνης/ακτίνα Γης. Συνεπώς, αφού ο κίονας είναι 8 φορές μεγαλύτερος από τη σκιά του, και η ακτίνα της Γης θα πρέπει να είναι 8 φορές μεγαλύτερη από την απόσταση Αλεξάνδρειας-Συήνης.

Δεδομένου ότι η περίμετρος ενός κύκλου είναι 2π επί την ακτίνα του ($C = 2\pi r$), η ακτίνα της Γης ισούται απλώς με την περιμέτρό της διά 2π . Σε σημερινές μονάδες, η ακτίνα της Γης ισούται με 6370 χιλιόμετρα και η περιμέτρός της με 40.000 χιλιόμετρα.

Το μέγεθος της Ξελήνης

Ο Αρίσταρχος ήταν ίσως ο πρώτος που διατύπωσε την άποψη ότι η Γη εκτελεί ημερησίως μια πλήρη περιστροφή γύρω από τον άξονά της, κάτι που δικαιολογούσε και την ημερήσια κίνηση των άστρων. Επιπλέον, υπέθεσε ότι η Γη εκτελεί κατ' έτος μια πλήρη περιφορά γύρω από τον Ήλιο, και ότι οι υπόλοιποι πλανήτες περιφέρονται



ΕΙΚΟΝΑ 1.2 Στη διάρκεια μιας σεληνιακής έκλειψης, το πλάτος της γήινης σκιάς φαίνεται 2,5 φορές μεγαλύτερο από τη διάμετρο της Σελήνης. Λόγω του μεγάλου μεγέθους του Ηλίου, η σκιά της Γης θα πρέπει να είναι κωνική, δηλ. να έχει μικρότερο πλάτος στην απόσταση της Σελήνης. Ο βαθμός σμίκρυνσης υπολογίζεται κατά τη διάρκεια μια ηλιακής έκλειψης, κατά την οποία η σμίκρυνση της σκιάς της Σελήνης ανέρχεται –στην απόσταση Γης-Σελήνης– σε μία ολόκληρη σεληνιακή διάμετρο. Συνεπώς, στην ίδια απόσταση, η γήινη σκιά υφίσταται ισόποση συρρίκνωση, άρα η διάμετρος της Γης θα πρέπει να είναι 3,5 φορές η διάμετρος της Σελήνης.

επίσης γύρω από αυτόν.* Ο Αρίσταρχος υπολόγισε σωστά τη διάμετρο της Σελήνης και την απόστασή της από τη Γη. Όλη αυτή η εργασία πραγματοποιήθηκε περί το 240 π.Χ., 17 αιώνες προτού τα συμπεράσματά του γίνουν πλήρως αποδεκτά.

Ο Αρίσταρχος συνέκρινε τις διαστάσεις της Σελήνης με τις διαστάσεις της Γης, παρατηρώντας μια έκλειψη Σελήνης. Η Γη, όπως κάθε σώμα που παρεμβάλλεται στο ηλιακό φως, δημιουργεί σκιά. Μια έκλειψη Σελήνης δεν είναι παρά η διέλευση της Σελήνης μέσα από αυτή τη σκιά. Ο Αρίσταρχος μελέτησε προσεκτικά το συγκεκριμένο συμβάν και βρήκε ότι το πλάτος της γήινης σκιάς στη θέση της Σελήνης είναι 2,5 σεληνιακές διαμέτροι. Αυτό φαίνεται να υποδεικνύει πως η διάμετρος της Σελήνης είναι 2,5 φορές μικρότερη από τη διάμετρο της Γης. Ωστόσο, λόγω του τεράστιου μεγέθους του Ηλίου, η σκιά της Γης σμικρύνεται, όπως γίνεται εμφανές από την αντίστοιχη σμίκρυνση της σκιάς της Σελήνης κατά τη διάρκεια μιας ηλιακής έκλειψης. (Στην Εικόνα 1.2 οι διαστάσεις των δύο σωμάτων και η μεταξύ τους απόσταση δεν είναι στην ίδια κλίμακα, έτσι ώστε η σμίκρυνση της σκιάς να γίνεται σαφέστερη.) Όταν γίνεται έκλειψη Ηλίου, η Γη παρεμβάλλεται στη σκιά της Σελήνης, αλλά το εύρος αυτής της σκιάς είναι ελάχιστο. Η σκιά της Σελήνης σμικρύνεται σχεδόν μέχρις εξαφανίσεως στην επιφάνεια της Γης, ένδειξη πως στη συγκεκριμένη απόσταση έχει συρρικνωθεί κατά μία σεληνιακή διάμετρο. Συνεπώς, κατά τη διάρκεια μιας έκλειψης Σελήνης, αφού η σκιά της Γης «διανύει» την ίδια απόσταση, θα πρέπει να έχει επίσης συρρικνωθεί κατά μία σεληνιακή διάμετρο. Λαμβάνοντας λοιπόν υπ' όψιν αυτήν τη σμίκρυνση, η διάμετρος της Γης θα πρέπει να είναι (2,5+1) φορές η διάμετρος της Σελήνης. Με τον τρόπο αυτό, ο Αρίσταρχος έδειξε ότι η διάμετρος της Σελήνης ισούται με το 1/3,5 της διαμέτρου



ΕΙΚΟΝΑ 1.3 Ορθή κλίμακα των ηλιακών και σεληνιακών εκλείψεων, η οποία δείχνει γιατί οι εκλείψεις είναι σπάνιες. (Μάλιστα, επειδή η τροχιά της Σελήνης είναι κεκλιμένη κατά 5° περίπου σε σχέση με το επίπεδο της γήινης τροχιάς γύρω από τον Ήλιο, είναι ακόμη σπανιότερες απ' ό,τι θα ήταν διαφορετικά.)

* Ο Αρίσταρχος δεν ήταν βέβαιος για την ηλιοκεντρική του υπόθεση, μάλλον διότι οι άισης διάρκειας εποχές του έτους έρχονταν σε αντίθεση με την ιδέα ότι η Γη εκτελεί κυκλική κίνηση γύρω από τον Ήλιο. Ακόμη σημαντικότερο, είχε διαπιστωθεί ότι η απόσταση Γης-Σελήνης παρουσιάζει διακυμάνσεις – σαφής ένδειξη ότι η Σελήνη δεν διαγράφει τέλειο κύκλο γύρω από τη Γη. Εάν η Σελήνη δεν ακολουθεί κυκλική τροχιά γύρω από τη Γη, θα ήταν δύσκολο να υποστηρίξει κανείς ότι η Γη ακολουθεί κυκλική τροχιά γύρω από τον Ήλιο. Η εξήγηση της διακύμανσης των αποστάσεων (οι ελλειπτικές τροχιές των πλανητών) δόθηκε αρκετούς αιώνες αργότερα από τον Γιοχάννες Κέπλερ (Johannes Kepler). Εν τω μεταξύ, η θεωρία των επικύκλων που προτάθηκε από άλλους αστρονόμους δικαιολογούσε τις παρατηρούμενες αποκλίσεις. Θα είχε ενδιαφέρον να προσπαθήσει κανείς να φανταστεί ποια θα ήταν η εξέλιξη της αστρονομίας αν δεν υπήρχε η Σελήνη. Στην περίπτωση αυτή, η ακανόνιστη τροχιά της δεν θα είχε συντελέσει στην πρόιμη αμφισβήτηση της ηλιοκεντρικής θεωρίας, η οποία ενδέχεται να είχε επικρατήσει αιώνες νωρίτερα!

της Γης. Η τιμή που γίνεται σήμερα αποδεκτή για τη διάμετρο της Σελήνης είναι 3.640 km, η οποία διαφέρει λιγότερο από 5% από την τιμή που είχε υπολογίσει ο Αρίσταρχος.

Η απόσταση της Σελήνης

Στερεώστε ένα μικρό νόμισμα σε ένα παράθυρο και κοιτάξτε το με το ένα μάτι κλειστό, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτει πλήρως την πανσέληνο. Αυτό συμβαίνει όταν το μάτι σας βρίσκεται σε απόσταση από το νόμισμα ίση με 110 φορές τη διάμετρό του. Επομένως, ο λόγος *διάμετρος κέρματος/απόσταση κέρματος* είναι περίπου 1/110. Με βάση τις γεωμετρικές ιδιότητες των όμοιων τριγώνων, την ίδια τιμή έχει και ο λόγος *διάμετρος Σελήνης/απόσταση Σελήνης* (Εικόνα 1.4). Συνεπώς, η απόσταση της Σελήνης είναι ίση με 110 φορές τη διάμετρό της. Αυτό το γνώριζαν οι Αρχαίοι Έλληνες. Η μέτρηση της σεληνιακής διαμέτρου από τον Αρίσταρχο ήταν το μόνο που χρειαζόταν για να υπολογιστεί η απόσταση Γης-Σελήνης. Επομένως, οι Αρχαίοι Έλληνες γνώριζαν τόσο τις διαστάσεις της Σελήνης όσο και την απόστασή της από τη Γη.

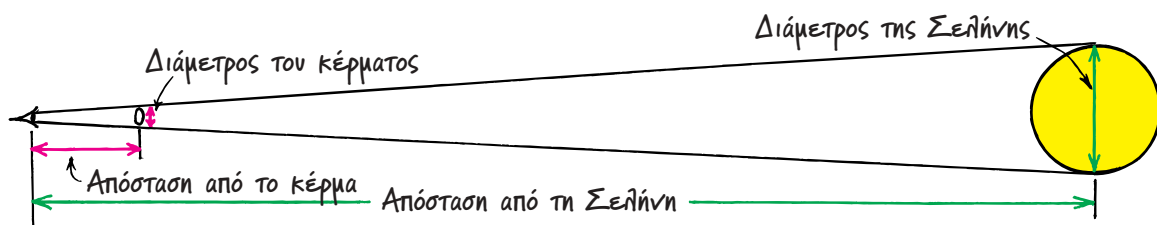
Με βάση τις γνώσεις αυτές, ο Αρίσταρχος υπολόγισε την απόσταση Γης-Ηλίου.

Η απόσταση του Ηλίου

Εάν επαναλαμβάνετε την ίδια διαδικασία με το κέρμα στο παράθυρο, αλλά για τον Ήλιο αυτή τη φορά (πράγμα, βέβαια, επικίνδυνο, λόγω της μεγάλης φωτεινότητας του Ηλίου), μαντέψτε τι θα βρίσκατε: ότι ο λόγος *διάμετρος Ηλίου/απόσταση Ηλίου* είναι επίσης 1/110. Αυτό συμβαίνει διότι τόσο ο Ήλιος όσο και η Σελήνη έχουν για τον γήινο παρατηρητή το ίδιο φαινόμενο μέγεθος. Και τα δύο σώματα φαίνονται υπό την ίδια γωνία (περίπου 0,5°). Έτσι, αν και ο λόγος διαμέτρου-απόστασης ήταν γνωστός στους Αρχαίους Έλληνες, είτε η διάμετρος είτε η απόσταση θα έπρεπε να υπολογιστεί με κάποια άλλη μέθοδο. Ο Αρίσταρχος βρήκε μια τέτοια μέθοδο και έκανε μια χονδρική εκτίμηση. Ας εξετάσουμε τη μέθοδο του.

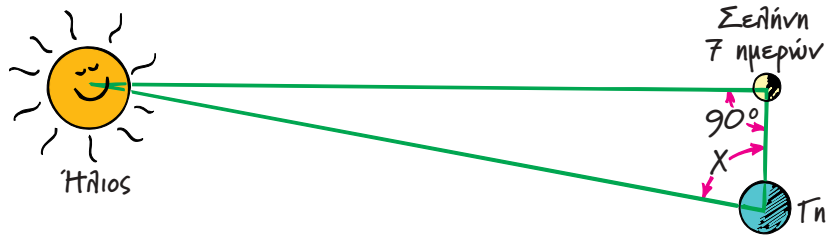
Ο Αρίσταρχος επέλεξε τη φάση της Σελήνης κατά την οποία φωτίζεται ακριβώς ο μισός δίσκος της (Σελήνη 7 ημερών), ενώ ο Ήλιος εξακολουθεί να είναι ορατός στον ουρανό. Εκείνη τη στιγμή, το ηλιακό φως που προσπίπτει στη Σελήνη πρέπει να σχηματίζει ορθή γωνία με τη γραμμή θέασης του παρατηρητή. Αυτό σημαίνει ότι οι γραμμές που συνδέουν τη Γη με τη Σελήνη, τη Γη με τον Ήλιο και τη Σελήνη με τον Ήλιο σχηματίζουν ένα ορθογώνιο τρίγωνο (Εικόνα 1.5).

Σύμφωνα με έναν κανόνα της τριγωνομετρίας, αν γνωρίζουμε όλες τις γωνίες ενός ορθογωνίου τριγώνου συν το μήκος μίας από τις πλευρές του, μπορούμε να υπο-



$$\frac{\text{Διάμετρος του κέρματος}}{\text{Απόσταση κέρματος}} = \frac{\text{Διάμετρος Σελήνης}}{\text{Απόσταση Σελήνης}} = \frac{1}{110}$$

ΕΙΚΟΝΑ 1.4 Εξάσκηση στις αναλογίες: Όταν το κέρμα καλύπτει ακριβώς τον σεληνιακό δίσκο, τότε η διάμετρος του κέρματος προς την απόστασή του από εσάς είναι ίση με τη διάμετρο της Σελήνης προς τη δική της απόσταση από εσάς (τα διάφορα μεγέθη δεν απεικονίζονται υπό κοινή κλίμακα). Οι μετρήσεις δίνουν και για τους δύο λόγους την τιμή 1/110.

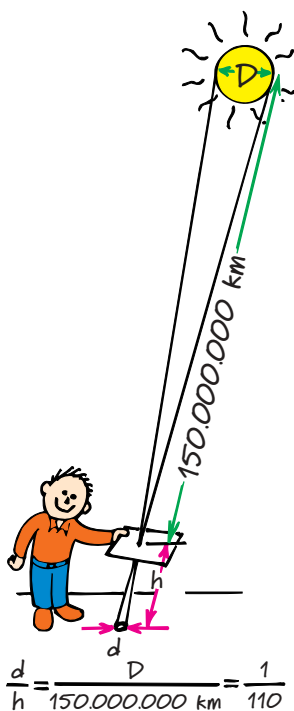


ΕΙΚΟΝΑ 1.5 Όταν η Σελήνη είναι ακριβώς 7 ημερών, ο Ήλιος, η Σελήνη και η Γη σχηματίζουν ένα ορθογώνιο τρίγωνο (το σχήμα δεν είναι υπό ορθή κλίμακα). Η υποτεινούσα του τριγώνου είναι η απόσταση Γης-Ήλιου. Με βάση τους κανόνες της τριγωνομετρίας, αν γνωρίζουμε την τιμή μίας από τις μη ορθές γωνίες ενός ορθογώνιου τριγώνου και το μήκος μίας πλευράς, μπορούμε να βρούμε την υποτεινούσα. Η γνωστή πλευρά είναι η απόσταση Γης-Σελήνης. Μετρώντας τη γωνία Χ, μπορούμε να υπολογίσουμε την απόσταση Γης-Ήλιου.

λογίσουμε το μήκος και των δύο άλλων πλευρών. Ο Αρίσταρχος γνώριζε την απόσταση Γης-Σελήνης. Τη χρονική στιγμή της Σελήνης των 7 ημερών γνώριζε και μία από τις γωνίες, 90° . Το μόνο που είχε να κάνει ακόμη ήταν να μετρήσει τη δεύτερη γωνία που σχηματίζουν οι γραμμές θέασης του παρατηρητή προς τον Ήλιο και προς τη Σελήνη. Οπότε, η πολύ μικρή τρίτη γωνία προκύπτει αν αφαιρέσουμε από τις 180° το άθροισμα των δύο πρώτων γωνιών (δεδομένου ότι το άθροισμα των γωνιών οποιουδήποτε τριγώνου είναι 180°).

Η μέτρηση της γωνίας την οποία σχηματίζουν οι γραμμές θέασης του παρατηρητή προς τον Ήλιο και τη Σελήνη είναι δύσκολη χωρίς τα σύγχρονα τεχνικά μέσα. Πρώτα απ' όλα, τόσο ο Ήλιος όσο και η Σελήνη δεν είναι αδιάστατα σημεία, αλλά εκτεταμένες φωτεινές πηγές. Ο Αρίσταρχος έπρεπε να σκοπεύσει στο κέντρο (ή στα άκρα τους) και να μετρήσει τη γωνία που σχηματίζεται, η οποία είναι πολύ μεγάλη, σχεδόν ορθή! Με τα σημερινά δεδομένα, οι μετρήσεις του ήταν χονδροειδείς. Βρήκε ότι η δεδομένη γωνία ισούται με 87° , ενώ η αληθής τιμή είναι $89,8^\circ$. Με βάση τη μέτρησή του, υπολόγισε ότι ο Ήλιος βρίσκεται περίπου 20 φορές πιο μακριά απ' ό,τι η Σελήνη, ενώ στην πραγματικότητα βρίσκεται 400 φορές περίπου πιο μακριά. Συνεπώς, αν και η μέθοδός του ήταν ιδιαίτερα ευφυής, οι μετρήσεις του ήταν σημαντικά εσφαλμένες. Ίσως ο Αρίσταρχος να δυσκολεύτηκε να πιστέψει ότι ο Ήλιος βρισκόταν σε τόσο μεγάλη απόσταση και έκανε σφάλματα που έτειναν προς μικρότερες τιμές. Δεν το γνωρίζουμε.

Σήμερα ξέρουμε ότι ο Ήλιος απέχει 150.000.000 χιλιόμετρα από τη Γη. Τον Δεκέμβριο βρίσκεται λίγο πιο κοντά (147.000.000 χλμ.) και τον Ιούνιο λίγο πιο μακριά (152.000.000 χλμ.).



ΕΙΚΟΝΑ 1.6 Η κυκλική κηλίδα φωτός που σχηματίζεται από την μικροσκοπική οπή είναι ένα είδωλο του Ήλιου. Ο λόγος διάμετρος/απόσταση για την κηλίδα είναι ίδιος με τον λόγο διάμετρος Ήλιου/απόσταση Ήλιου: $1/110$. Η διάμετρος του Ήλιου είναι το $1/110$ της απόστασής του από τη Γη.

Το μέγεθος του Ήλιου

Αν η απόσταση του Ήλιου είναι γνωστή, η διάμετρος του μπορεί να υπολογιστεί με βάση τον λόγο $1/110$ μεταξύ διαμέτρου-απόστασης. Ένας άλλος τρόπος μέτρησης του λόγου διαμέτρου-απόστασης, πέραν της μεθόδου της Εικόνας 1.4, είναι να μετρήσουμε τη διάμετρο του ειδώλου του Ήλιου που σχηματίζεται δια μέσου μιας μικροσκοπικής οπής. Προσπαθήστε το. Κάντε μια μικρή οπή σε ένα αδιαφανές χαρτόνι και τοποθετήστε το χαρτόνι σχεδόν κάθετα στις ακτίνες του Ήλιου. Η κυκλική εικόνα που θα σχηματιστεί σε μια επιφάνεια κάτω από το χαρτόνι είναι στην πραγματικότητα ένα είδωλο του Ήλιου. Όπως μπορείτε να διαπιστώσετε, το μέγεθος του ειδώλου δεν εξαρτάται από το μέγεθος της οπής, αλλά από την απόσταση μεταξύ οπής και ειδώλου. Οι μεγαλύτερες οπές δίνουν φωτεινότερα είδωλα, όχι μεγαλύτερα. Βέβαια, αν η οπή είναι πολύ μεγάλη δεν θα σχηματισθεί κανένα είδωλο. Αν κάνετε τις σχετικές μετρήσεις προσεκτικά, θα βρείτε ότι ο λόγος του μεγέθους του ειδώλου προς την απόστασή του από την οπή είναι $1/110$ – ίδιος με τον λόγο *διάμετρος Ήλιου/απόσταση Γης-Ήλιου* (Εικόνα 1.6).

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τις μερικές εκλείψεις Ήλιου το είδωλο που σχηματίζεται δια μέσου μιας μικροσκοπικής οπής έχει μηνοειδές σχήμα, ίδιο με



ΕΙΚΟΝΑ I.7 Ο Ρενουάρ απεικόνισε με ακρίβεια τις κηλίδες ηλιακού φωτός πάνω στο φόρεμα του μοντέλου του – είδωλα του Ηλίου που σχηματίζονταν από τα σχετικά μικρά ανοίγματα ανάμεσα στα φύλλα του δέντρου.



ΕΙΚΟΝΑ I.8 Αυτές οι μνηοειδείς κηλίδες φωτός είναι είδωλα του Ηλίου κατά τη διάρκεια μερικής ηλιακής έκλειψης.

εκείνο του εν μέρει καλυμμένου Ηλίου! Η μέθοδος αυτή αποτελεί έναν πρωτότυπο και ασφαλή τρόπο να παρακολουθήσει κανείς μια μερική έκλειψη Ηλίου χωρίς να κοιτάξει απευθείας τον Ήλιο.

Έχετε μήπως παρατηρήσει ότι οι κηλίδες ηλιακού φωτός που σχηματίζονται στο έδαφος κάτω από δέντρα έχουν τέλειο κυκλικό σχήμα όταν ο Ήλιος μεσουρανεύει, και πεπλατυσμένο, ελλειψοειδές σχήμα όταν ο Ήλιος βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα; Οι κηλίδες αυτές είναι είδωλα τύπου «οπής» του Ηλίου, που σχηματίζονται από ανοίγματα στις φυλλωσιές του δέντρου, τα οποία είναι μικρά σε σχέση με την απόστασή τους από το έδαφος. Μια κυκλική κηλίδα διαμέτρου 10 εκατοστομέτρων δημιουργείται από κάποιο άνοιγμα που βρίσκεται σε ύψος 110×10 εκατοστόμετρα. Τα ψηλά δέντρα δημιουργούν μεγάλα είδωλα· τα χαμηλά δέντρα δημιουργούν μικρά. Και στην περίπτωση μερικής ηλιακής έκλειψης, τα είδωλα είναι μνηοειδή (Εικόνα 1.8).

Μαθηματικά: Η γλώσσα των θετικών επιστημών

Οι θετικές επιστήμες και οι συνθήκες της ανθρώπινης ζωής βελτιώθηκαν δραστικά μετά τη σύζευξη των επιστημών αυτών με τα μαθηματικά, περίπου τέσσερεις αιώνες πριν. Όταν οι ιδέες των θετικών επιστημών εκφράζονται με μαθηματικούς όρους, γίνονται απόλυτα σαφείς. Οι επιστημονικές εξισώσεις αποτελούν συμπυκνωμένες εκφράσεις σχέσεων μεταξύ εννοιών. Δεν πάσχουν από τη νοηματική αμφισημία που τόσο συχνά δυσχεραίνει την ανάλυση ιδεών διατυπωμένων σε καθημερινή γλώσσα. Όταν τα ευρήματα της επιστημονικής αναζήτησης εκφράζονται με μαθηματικούς όρους, γίνεται ευκολότερο να επαληθευθούν ή να αναιρεθούν με το πείραμα. Η μαθηματική δομή των θετικών επιστημών θα γίνει εμφανής από τις πολλές μαθηματικές σχέσεις που θα συναντήσετε σε όλη την έκταση του βιβλίου αυτού. Οι σχέσεις αυτές είναι οδηγοί σκέψης που δείχνουν πώς συνδέονται μεταξύ τους διάφορες φυσικές έννοιες. Οι μαθηματικές μέθοδοι και το πείραμα οδήγησαν σε εντυπωσιακές επιτυχίες στον τομέα των θετικών επιστημών.*

* Η μαθηματική δομή της φυσικής επιστήμης δεν θα πρέπει να συγχέεται με την παιδαγωγική πρακτική που επικεντρώνεται στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων – και η οποία εφαρμόζεται στους περισσότερους κύκλους μαθημάτων μη εννοιολογικού χαρακτήρα. Όπως μπορείτε να διαπιστώσετε, ο αριθμός των προβλημάτων στο τέλος κάθε κεφαλαίου είναι αρκετά μικρός σε σχέση με τον αριθμό των ασκήσεων. Στη διδασκαλία των εννοιών της φυσικής, η κατανόηση προηγείται των υπολογισμών.

Η επιστημονική μέθοδος

Κύριοι θεμελιωτές της **επιστημονικής μεθόδου** θεωρούνται συνήθως ο Ιταλός φυσικός Γαλιλαίος και ο Άγγλος φιλόσοφος Φραγκίσκος Βάκων (Francis Bacon). Η μέθοδος αυτή –η οποία εισήχθη τον 16ο αιώνα– είναι εξαιρετικά αποτελεσματική όσον αφορά την απόκτηση, οργάνωση και εφαρμογή νέων γνώσεων. Βασίζεται στην ορθολογική σκέψη και στο πείραμα, και λειτουργεί ως εξής:

1. Εντοπίζουμε ένα ερώτημα ή ένα πρόβλημα.
2. Διατυπώνουμε μια εύλογη εικασία –μια **υπόθεση**– όσον αφορά την απάντηση ή τη λύση.
3. Προβλέπουμε κάποιες συνέπειες οι οποίες θα πρέπει να παρατηρούνται όταν η υπόθεση είναι σωστή, ενώ είναι *αδύνατον* να παρατηρηθούν όταν η υπόθεση είναι εσφαλμένη.
4. Εκτελούμε πειράματα για να διαπιστώσουμε εάν οι προβλεπόμενες συνέπειες εμφανίζονται.
5. Διατυπώνουμε τον απλούστερο γενικό κανόνα που συνδυάζει τα τρία κύρια συστατικά μέρη: υπόθεση, προβλεπόμενες συνέπειες και πειραματικά ευρήματα.

Αν και αυτή η κλασική μέθοδος είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, δεν είναι η μόνη που οδηγεί σε έγκυρα επιστημονικά συμπεράσματα. Σε πολλές επιστημονικές ανακαλύψεις σημαντικό ρόλο έχουν παίξει η πρακτική της δοκιμής και του σφάλματος, ο πειραματισμός χωρίς σαφή προγενέστερη υπόθεση και το τυχαίο συμβάν. Ωστόσο, η καλλιεργημένη ικανότητα παρατήρησης είναι ουσιώδης για να εντοπίσει κανείς κατά πρώτο λόγο τα ερωτήματα και να κατανοήσει τα υπάρχοντα δεδομένα. Πέρα, όμως, από κάποια συγκεκριμένη μέθοδο, η επιτυχία των θετικών επιστημών συνδέεται με μια αντίληψη κοινή στους επιστήμονες. Η αντίληψη αυτή έχει ως κύρια στοιχεία τη διερεύνηση, τον πειραματισμό και την ταπεινοφροσύνη – την πρόθυμη αποδοχή του σφάλματος.

Η επιστημονική αντίληψη

Είναι σύνηθες να σκεπτόμαστε ένα γεγονός ως κάτι αμετάβλητο και απόλυτο. Στις θετικές επιστήμες, όμως, **γεγονός** είναι εν γένει η ικανοποιητική σύμπτωση μεγάλου αριθμού παρατηρήσεων του ίδιου φαινομένου από αξιόπιστους παρατηρητές. Παραδείγματος χάριν, άλλοτε αποτελούσε γεγονός ότι το σύμπαν είναι αμετάβλητο και μόνιμο, σήμερα αποτελεί γεγονός ότι το σύμπαν διαστέλλεται και εξελίσσεται. Από την άλλη πλευρά, μια επιστημονική υπόθεση είναι μια εύλογη εικασία η οποία θεωρείται ότι ισχύει μόνο προσωρινά, έως ότου ελεγχθεί από πειράματα. Όταν μια τέτοια υπόθεση ελεγχθεί επανειλημμένα χωρίς να διαψευστεί, μπορεί να γίνει ευρύτερα γνωστή ως **νόμος** ή *αρχή*.

Εάν ένας επιστήμονας έχει στοιχεία που αντιβαίνουν προς μια υπόθεση, έναν νόμο ή μια αρχή, τότε, σύμφωνα με την επιστημονική αντίληψη, η συγκεκριμένη πρόταση (υπόθεση, νόμος ή αρχή) πρέπει να αναθεωρηθεί ή να εγκαταλειφθεί – ανεξάρτητα από τη φήμη ή το κύρος των επιστημόνων που την ενστερνίζονται (εκτός εάν τα στοιχεία αυτά αποδειχθούν, κατά τον έλεγχό τους, λανθασμένα – όπως συμβαίνει ορισμένες φορές). Επί παραδείγματι, ο Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.), αυτός ο τόσο σημαντικός Έλληνας φιλόσοφος της Αρχαιότητας, δίδασκε ότι κάθε σώμα πέφτει με ταχύτητα ανάλογη προς το βάρος του. Η συγκεκριμένη ιδέα θεωρούνταν αληθής σχεδόν επί 2000 χρόνια, λόγω του ακαταμάχητου κύρους του Αριστοτέλη. Λέγεται ότι ο Γαλιλαίος κατέρριψε τη θεωρία του Αριστοτέλη με ένα μόνο πείραμα – αφήνοντας μερικά ελαφρά και βαριά αντικείμενα να πέσουν ελεύθερα από τον Κεκλιμένο Πύργο της Πίζας και διαπιστώνοντας ότι έπεφταν με την ίδια περίπου ταχύτητα. Σύμφωνα με την επιστημονική αντίληψη, ένα και μόνο επαληθεύσιμο πείραμα έχει μεγαλύτερη βαρύτητα από την οποιαδήποτε αυθεντία, ανεξάρτητα από τη φήμη ή τον αριθμό των οπαδών και υποστηρικτών της. Στις σύγχρονες θετικές επιστήμες, η επίκληση της αυθεντίας έχει μικρή αξία.*

* Ωστόσο, η επίκληση της *ομορφιάς* έχει αξία για την επιστήμη! Στη σύγχρονη εποχή, έχει τύχει περισσότερες από μία φορές ορισμένα πειραματικά αποτελέσματα να έρθουν σε αντίθεση με κάποιες ελκυστικές θεωρίες, οι οποίες κατόπιν περαιτέρω διερεύνησης αποδείχθηκαν εσφαλμένες. Το γεγονός αυτό ενίσχυσε την πεποίθηση των επιστημόνων ότι η τελεσιδικία ορθή περιγραφή της φύσης συμβαδίζει με λιτότητα έκφρασης και οικονομία εννοιών – συνδυασμός που μπορεί δικαιολογημένα να αποκληθεί *όμορφος*.

Οι επιστήμονες οφείλουν να αποδέχονται τα πειραματικά τους ευρήματα ακόμη και όταν θα προτιμούσαν να είναι διαφορετικά. Πρέπει να προσπαθούν συνεχώς να διακρίνουν αυτό που βλέπουν από αυτό που θα ήθελαν να βλέπουν, διότι όπως και οι περισσότεροι άνθρωποι έχουν μια τεράστια ικανότητα στο να αυταπατώνται.* Οι άνθρωποι έχουν πάντοτε την τάση να ενστερνίζονται γενικούς κανόνες, πεποιθήσεις, θρησκευτικά δόγματα, ιδέες και εικασίες, χωρίς να εξετάζουν προσεκτικά την εγκυρότητά τους, και να μένουν αφοσιωμένοι σε αυτά τα πιστεύω πολύ αφότου αποδειχθούν άνευ νοήματος, εσφαλμένα ή, έστω, αμφισβητήσιμα. Οι πλέον διαδεδομένες παραδοχές είναι συχνά εκείνες που αμφισβητήθηκαν λιγότερο. Συνήθως, όταν υιοθετηθεί μια ιδέα, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα δεδομένα που φαίνεται να την επιβεβαιώνουν, ενώ όσα φαίνονται να την αναιρούν διαστρεβλώνονται, υποβαθμίζονται ή αγνοούνται.

Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη λέξη *θεωρία* με έναν τρόπο που διαφέρει από τη χρήση της στον καθημερινό λόγο. Στον καθημερινό λόγο, η θεωρία δεν διαφέρει από την υπόθεση – την εικασία που δεν έχει επαληθευτεί. Μια επιστημονική **θεωρία**, από την άλλη πλευρά, αποτελεί μια σύνθεση μεγάλου αριθμού δεδομένων η οποία ενσωματώνει επαρκώς ελεγμένες και επαληθευμένες υποθέσεις για ορισμένες πλευρές του φυσικού κόσμου. Οι φυσικοί, παραδείγματος χάριν, αναφέρονται στη θεωρία των κουάρκ, οι χημικοί στη θεωρία του μεταλλικού δεσμού στα μέταλλα και οι βιολόγοι στην κυτταρική θεωρία.

Οι επιστημονικές θεωρίες δεν είναι παγιωμένες, αλλά υφίστανται μεταβολές. Εξελίσσονται καθώς περνούν από διάφορα στάδια επανακαθορισμού και εκλέπτυνσης. Στα τελευταία 100 χρόνια, παραδείγματος χάριν, καθώς προέκυπταν νέα στοιχεία για τη συμπεριφορά του ατόμου, η ατομική θεωρία βελτιώθηκε επανειλημμένα. Κατά παρόμοιο τρόπο, οι χημικοί τελειοποίησαν τις απόψεις τους σχετικά με το πώς συνδέονται τα μόρια μεταξύ τους και οι βιολόγοι τελειοποίησαν την κυτταρική θεωρία. Η βελτίωση των θεωριών αποτελεί πλεονέκτημα των θετικών επιστημών, όχι αδυναμία τους. Πολλοί άνθρωποι νιώθουν πως το να αλλάζουν γνώμη αποτελεί ένδειξη αδυναμίας. Οι καλοί επιστήμονες, όμως, οφείλουν να έχουν ανεπτυγμένη σε εξαιρετικό βαθμό αυτήν την «ικανότητα». Ωστόσο, για να αλλάξουν γνώμη θα πρέπει να προκύψουν αδιαμφισβήτητα πειραματικά δεδομένα ή να υπάρξει κάποια εννοιολογικά απλούστερη υπόθεση που θα τους ωθήσει σε έναν νέο τρόπο αντίληψης των πραγμάτων. Πολύ σημαντικότερη από την υπεράσπιση συγκεκριμένων πεποιθήσεων είναι η βελτίωσή τους. Οι καλύτερες υποθέσεις διατυπώνονται από όσους αντιμετωπίζουν με εντιμότητα τα πειραματικά δεδομένα.

Έξω από το επάγγελμά τους οι επιστήμονες δεν είναι εκ φύσεως τιμιότεροι ή ηθικότεροι από τους περισσότερους άλλους ανθρώπους. Ωστόσο, ο επαγγελματικός τους χώρος απαιτεί υψηλό δείκτη εντιμότητας. Σύμφωνα με τον θεμελιώδη κανόνα της επιστήμης, κάθε υπόθεση πρέπει να επιδέχεται έλεγχο – να είναι δυνατόν, τουλάχιστον κατ' αρχήν, να αποδειχθεί *εσφαλμένη*. Στην επιστήμη έχει μεγαλύτερη σημασία να υπάρχει τρόπος να αποδειχθεί ότι μια ιδέα είναι λανθασμένη παρά ότι είναι ορθή. Αυτό αποτελεί σημαντικότερο κριτήριο διάκρισης των επιστημονικών ισχυρισμών από τους μη επιστημονικούς. Εκ πρώτης όψεως, αυτό ίσως φαίνεται παράξενο, διότι όταν κανείς έχει αμφιβολίες για κάτι, συνήθως αναζητά τρόπους να διαπιστώσει εάν αυτό ισχύει. Με τις επιστημονικές υποθέσεις, όμως, τα πράγματα είναι διαφορετικά. Στην πραγματικότητα, αν θέλει κανείς να ελέγξει αν μια υπόθεση είναι επιστημονική ή όχι, θα πρέπει να εξετάζει αν υπάρχει κάποια δοκιμασία μέσω της οποίας θα μπορούσε να αποδειχθεί εσφαλμένη. Αν δεν υπάρχει τέτοια δοκιμασία, η συγκεκριμένη υπόθεση δεν είναι επιστημονική. Ο Άλμπερτ Αϊνστάιν έχει εκφράσει εύστοχα την προϋπόθεση αυτή, δηλώνοντας ότι: «Κανένας αριθμός πειραμάτων δεν μπορεί να αποδείξει πως οι απόψεις μου είναι σωστές· ένα και μόνο πείραμα μπορεί να αποδείξει πως είναι λανθασμένες.»

Θεωρήστε την υπόθεση του Δαρβίνου ότι οι μορφές της ζωής εξελίσσονται από τις απλούστερες προς τις πιο σύνθετες. Ο ισχυρισμός αυτός θα αποδεικνυόταν εσφαλμένος αν οι παλαιοντολόγοι ανακάλυπταν ότι κάποιες πιο σύνθετες μορφές



* Στο πλαίσιο της εκπαίδευσής σας, δεν αρκεί να μάθετε ότι οι άλλοι πιθανόν να προσπαθήσουν να σας ξεγελάσουν· ακόμη σημαντικότερο είναι να γνωρίζετε τη δική σας τάση να αυταπατάστε.

ζωής εμφανίστηκαν πριν από τις αντίστοιχες απλούστερες. Ο Αϊνστάιν διατύπωσε την υπόθεση ότι το φως εκτρέπεται από τη βαρύτητα. Ο ισχυρισμός του θα αποδεικνυόταν εσφαλμένος αν το φως ενός αστέρα το οποίο περνάει «ξυστά» από τον Ήλιο και γίνεται ορατό στη διάρκεια μιας ηλιακής έκλειψης δεν εκτρέπεται από την ευθύγραμμη πορεία του. Όπως αποδεικνύεται, οι απλούστερες μορφές ζωής προηγούνται των αντίστοιχων πολυπλοκότερων, ενώ το αστρικό φως εκτρέπεται όταν περνάει κοντά από τον Ήλιο, δεδομένα που στηρίζουν τους δύο παραπάνω ισχυρισμούς. Εάν και όταν μια υπόθεση ή ένας επιστημονικός ισχυρισμός επιβεβαιωθεί, θεωρείται χρήσιμο σκαλοπάτι για τη διεύρυνση της γνώσης.

Ας εξετάσουμε την υπόθεση «Η ευθυγράμμιση των πλανητών στον ουρανό καθορίζει τον βέλτιστο χρόνο λήψης αποφάσεων». Πολλοί άνθρωποι πιστεύουν ότι ισχύει, αλλά η συγκεκριμένη υπόθεση δεν είναι επιστημονική. Δεν μπορεί να αποδειχθεί ούτε εσφαλμένη ούτε ορθή. Πρόκειται για *αυθαίρετη εικασία*. Κατά παρόμοιο τρόπο, η υπόθεση «Υπάρχουν νοήμονες μορφές ζωής και σε άλλους πλανήτες στο σύμπαν» δεν είναι επιστημονική. Αν και είναι δυνατόν να αποδειχθεί σωστή, εφόσον επιβεβαιωθεί έστω και μία περίπτωση ύπαρξης νοήμονος μορφής ζωής κάπου αλλού στο σύμπαν, είναι αδύνατον να αποδειχθεί εσφαλμένη ακόμη και αν δεν ανακαλυφθεί ποτέ καμία μορφή ζωής. Ακόμη και αν ψάχναμε στις εσχατιές του σύμπαντος επί δισεκατομμύρια χρόνια και δεν βρίσκαμε πουθενά ζωή, πάλι δεν θα αποδεικνύαμε ότι δεν υπάρχει ζωή «λίγο πιο πέρα». Μια υπόθεση που μπορεί να αποδειχθεί σωστή αλλά δεν μπορεί να αποδειχθεί εσφαλμένη δεν είναι επιστημονική. Πολλές τέτοιου είδους προτάσεις είναι εύλογες και χρήσιμες, αλλά βρίσκονται πέραν των ορίων της επιστήμης.

ΕΛΕΓΤΕ ΤΟΝ ΕΑΥΤΟ ΣΑΣ

Ποια από τις παρακάτω προτάσεις αποτελεί επιστημονική υπόθεση;

- (α) Τα άτομα είναι τα μικρότερα σωματίδια ύλης που υπάρχουν.
- (β) Σε όλο τον χώρο υπάρχει μια διάχυτη, μη ανιχνεύσιμη ουσία.
- (γ) Ο Άλμπερτ Αϊνστάιν ήταν ο μεγαλύτερος φυσικός του 20ού αιώνα.

Κανείς μας δεν έχει τον χρόνο, τη διάθεση ή τα στοιχεία για να ελέγχει όλους τους ισχυρισμούς, οπότε συνήθως βασιζόμαστε στον λόγο κάποιου άλλου. Πώς ξέρουμε, λοιπόν, σε ποιον τον λόγο να βασιστούμε; Για να περιοριστεί η πιθανότητα σφάλματος, οι επιστήμονες βασίζονται μόνο στον λόγο εκείνων των οποίων οι ιδέες, οι θεωρίες και τα ευρήματα είναι δυνατόν να ελεγχθούν – αν όχι στην πράξη, τουλάχιστον κατ' αρχήν. Εικασίες που είναι αδύνατον να ελεγχθούν θεωρούνται «μη επιστημονικές». Αυτό έχει ως μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα την αναγκαστική εντιμότητα – τα ευρήματα που εκτίθενται στο σύνολο της επιστημονικής κοινότητας υφίστανται εν γένει περαιτέρω έλεγχο. Αργά ή γρήγορα, τα λάθη (και τα ψεύδη) θα εντοπιστούν, οι ευσεβείς πόθοι θα αποκαλυφθούν. Η επιστημονική κοινότητα δεν δίνει δεύτερη

ΕΛΕΓΤΕ ΤΗΝ ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΣΑΣ Μόνον η πρόταση (α) είναι επιστημονική, διότι υπάρχει τρόπος να ελεγχθεί αν είναι εσφαλμένη. Η συγκεκριμένη πρόταση, μάλιστα, όχι μόνο είναι *δυνατόν* να αποδειχθεί λανθασμένη, αλλά έχει *ήδη* αποδειχθεί λανθασμένη. Η πρόταση (β) είναι αδύνατον να αποδειχθεί εσφαλμένη, συνεπώς δεν είναι επιστημονική. Το ίδιο ισχύει και για κάθε αρχή ή έννοια για την οποία δεν υπάρχει μέσο, διαδικασία ή τρόπος για να αποδειχθεί ότι είναι εσφαλμένη (εάν είναι). Ορισμένοι ψευδοεπιστήμονες και άλλοι που αυτοαποκαλούνται επαίοντες δεν εξετάζουν ούτε καν θεωρητικά μια μέθοδο ελέγχου με την οποία θα μπορούσαν να διαψευστούν τα λεγόμενά τους. Η πρόταση (γ) αποτελεί έναν ισχυρισμό που είναι αδύνατον να ελεγχθεί αν είναι εσφαλμένος. Αν ο Αϊνστάιν δεν ήταν ο μεγαλύτερος φυσικός του 20ού αιώνα, πώς θα μπορούσαμε να το διαπιστώσουμε; Πρέπει να σημειωθεί ότι ο Αϊνστάιν, επειδή το όνομά του περιβάλλεται γενικά από μεγάλη αίγλη, είναι ο ευνοούμενος των ψευδοεπιστημόνων. Συνεπώς, δεν πρέπει να μας εκπλήσσει που, όπως και ο Ιησούς Χριστός, μνημονεύεται συχνά από τσαρλατάνους που θέλουν να προσδώσουν κύρος στον εαυτό τους και στις απόψεις τους. Σε κάθε γνωστικό πεδίο, η σύνεση επιβάλλει να αντιμετωπίζονται με σκεπτικισμό όσοι επιδιώκουν την αναγνώριση επικαλούμενοι την επιστημονική αυθεντία άλλων.

ευκαιρία σε κάποιον επιστήμονα που έχει χάσει την αξιοπιστία του. Με τον τρόπο αυτό, η τιμότητα, που είναι απολύτως αναγκαία για την πρόοδο της επιστήμης, γίνεται ζήτημα προσωπικού συμφέροντος για τους επιστήμονες. Σε ένα παίγνιδι όπου όλα τα στοιχεία είναι φανερά, η πιθανότητα μπλόφας είναι σχετικά μικρή. Σε γνωστικά πεδία στα οποία το σωστό και το λάθος δεν αποδεικνύονται τόσο εύκολα, η πίεση για εντιμότητα είναι σημαντικά μικρότερη.

Οι πιο σημαντικές ιδέες και έννοιες της καθημερινής μας ζωής δεν είναι επιστημονικές: η ορθότητα ή η μη ορθότητά τους είναι αδύνατον να ελεγχθεί στο εργαστήριο. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι περισσότεροι άνθρωποι ειλικρινά θεωρούν τις δικές τους απόψεις για τα διάφορα ζητήματα ορθές, ενώ όλοι μας γνωρίζουμε ανθρώπους με διαμετρικά αντίθετες απόψεις – επομένως, οι απόψεις ορισμένων από αυτούς (ή και όλων) θα πρέπει να είναι εσφαλμένες. Πώς μπορείτε να ξέρετε αν εσείς ανήκετε σε εκείνους με τις εσφαλμένες πεποιθήσεις ή όχι; Υπάρχει ένα τεστ. Για να δικαιούστε να θεωρείτε ότι έχετε δίκιο για ένα συγκεκριμένο ζήτημα, θα πρέπει πρώτα να είστε σίγουροι ότι κατανοείτε τις αντιρρήσεις και τις θέσεις των πιο συγκροτημένων αντιπάλων σας. Θα πρέπει να διευκρινίσετε αν οι θέσεις σας στηρίζονται στην πλήρη γνώση των αντίθετων απόψεων ή σε *παρανόηση* των συγκεκριμένων απόψεων εκ μέρους σας. Αυτό μπορείτε να το διαπιστώσετε ελέγχοντας αν είστε ή όχι σε θέση να διατυπώσετε τις θέσεις και τις αντιρρήσεις των αντιπάλων σας κατά τρόπο που να ικανοποιεί *εκείνους*. Ακόμη, όμως, και αν είστε σε θέση να κάνετε κάτι τέτοιο, και πάλι δεν μπορείτε να είστε απόλυτα βέβαιοι ότι έχετε δίκιο για τις ιδέες σας. Ωστόσο, αν έχετε περάσει αυτή τη δοκιμασία, η πιθανότητα να έχετε δίκιο είναι αισθητά μεγαλύτερη.

ΕΛΕΓΤΕ ΤΟΝ ΕΑΥΤΟ ΣΑΣ Ας υποθέσουμε ότι σε μια διαφωνία μεταξύ δύο ανθρώπων, Α και Β, αντιλαμβάνεστε ότι ο Α επαναλαμβάνει διαρκώς κάποια συγκεκριμένη άποψη, ενώ ο Β διατυπώνει με σαφήνεια τόσο τη δική του άποψη όσο και εκείνη του Α. Ποιος από τους δύο είναι πιθανότερο να έχει δίκιο; (Σκεφτείτε πριν διαβάσετε την απάντηση παρακάτω!)

Αν και στους περισσότερους σκεπτόμενους ανθρώπους η ιδέα του να είμαστε εξοικειωμένοι με τις αντίθετες απόψεις φαίνεται λογική, στην πράξη συνήθως γίνεται ακριβώς το αντίθετο, δηλαδή θωρακίζουμε τον εαυτό μας και άλλους από τις απόψεις που αντιστρατεύονται τις δικές μας. Έχουμε διδαχθεί να δυσπιστούμε στις ιδέες που δεν είναι δημοφιλείς, χωρίς να προσπαθούμε καν να τις κατανοήσουμε μέσα στο σωστό τους πλαίσιο. Με τη βεβαιότητα της εκ των υστέρων γνώσης, αντιλαμβανόμαστε ότι πολλές από τις «βαθιές αλήθειες» που στάθηκαν ακρογωνιαίοι λίθοι ολόκληρων πολιτισμών δεν ήταν παρά επιφανειακές ανατακλάσεις της άγνοιας που επικρατούσε στην εποχή τους. Πολλά από τα προβλήματα που μαστίζαν τις συγκεκριμένες κοινωνίες ήταν αποτέλεσμα αυτής της άγνοιας και των επακόλουθων παρανοήσεων: πολλά από όσα θεωρούνταν αληθινά, απλώς δεν ήταν. Ωστόσο, αυτό δεν είναι αποκλειστικά χαρακτηριστικό του παρελθόντος. Κάθε νέα επιστημονική πρόταση είναι κατ' ανάγκην ατελής και σε κάποιο βαθμό ανακριβής, διότι εκείνος που τη διατυπώνει είναι δέσμιος των προκαταλήψεων του παρόντος, τις οποίες μόνον εν μέρει μπορεί να υπερβεί.

ΕΛΕΓΤΕ ΤΗΝ ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΣΑΣ Ποιος μπορεί να ξέρει με βεβαιότητα; Ίσως ο Β να έχει την εξυπνάδα ενός δικηγόρου που μπορεί να διατυπώνει διαφορετικές απόψεις και παρ' όλα αυτά η δική του άποψη να είναι εσφαλμένη. Δεν μπορούμε να είμαστε βέβαιοι «για την άλλη πλευρά». Η προτεινόμενη δοκιμασία της ορθότητας ή της μη ορθότητας δεν αφορά τους άλλους, αλλά τον εαυτό σας. Μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη της δικής σας προσωπικότητας. Καθώς προσπαθείτε να διατυπώσετε με σαφήνεια τις θέσεις των αντιπάλων, θα πρέπει, όπως οι επιστήμονες είναι προετοιμασμένοι για το ενδεχόμενο να αλλάξουν γνώμη, έτσι και εσείς να είστε προετοιμασμένοι να ανακαλύψετε κάποια στοιχεία που αντιστρατεύονται τις δικές σας ιδέες – στοιχεία που ίσως μεταβάλουν την άποψή σας. Συχνά, η πνευματική ανάπτυξη συντελείται μέσω αυτής της διαδικασίας.

Επιστήμη, τέχνη και θρησκεία



Η αναζήτηση τάξης και βαθύτερου νοήματος στον κόσμο γύρω μας έχει πάρει ποιητικές μορφές: μια είναι η επιστήμη, μια άλλη είναι η τέχνη και μια τρίτη είναι η θρησκεία. Αν και οι ρίζες όλων χάνονται στα βάθη των αιώνων, οι επιστημονικές παραδόσεις είναι σχετικά πρόσφατες. Ακόμη σημαντικότερο, οι περιοχές αρμοδιότητας της επιστήμης, της τέχνης και της θρησκείας είναι διαφορετικές, αν και συχνά αλληλεπικαλύπτονται. Οι θετικές επιστήμες ασχολούνται κυρίως με τον εντοπισμό και την καταγραφή φυσικών φαινομένων, η τέχνη με την προσωπική ερμηνεία των πραγμάτων και τη δημιουργική έκφραση και η θρησκεία με την πηγή, τον σκοπό και το νόημα των πάντων.

Οι επιστήμες και οι τέχνες είναι συγκρίσιμες. Στη λογοτεχνία συναντούμε όσα είναι δυνατά στην ανθρώπινη εμπειρία. Μπορούμε να μάθουμε για συναισθήματα που ποικίλλουν από την αγωνία ως την αγάπη, ακόμη και αν δεν τα έχουμε νιώσει. Οι τέχνες δεν μας παρέχουν αναγκαστικά τις αντίστοιχες εμπειρίες, αλλά μας τις περιγράφουν και υποδεικνύουν τι μπορεί να μας επιφυλάσσεται. Αντίστοιχα, μελετώντας τις θετικές επιστήμες μαθαίνουμε τι είναι δυνατόν να συμβεί στη φύση. Η μελέτη των θετικών επιστημών μάς βοηθά να προβλέψουμε ενδεχόμενα φαινόμενα της φύσης, προτού ακόμη αποκτήσουμε την εμπειρία τους. Μας παρέχει έναν τρόπο να συνδέουμε τα πράγματα, να αντιλαμβανόμαστε τις αλληλεξαρτήσεις που υπάρχουν μεταξύ τους, και να κατανοούμε τα μυριάδες φυσικά φαινόμενα που συμβαίνουν γύρω μας. Οι θετικές επιστήμες διευρύνουν την οπτική μας γωνία για το περιβάλλον, μέρος του οποίου είμαστε και εμείς. Η γνώση της τέχνης και της επιστήμης συνιστά μια ολότητα που επηρεάζει τόσο τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο όσο και τις αποφάσεις που παίρνουμε για αυτόν και για εμάς. Ένας αληθινά μορφωμένος άνθρωπος είναι γνώστης τόσο της τέχνης όσο και της επιστήμης.

Η επιστήμη και η θρησκεία έχουν επίσης ομοιότητες, αλλά είναι θεμελιωδώς διαφορετικές – κυρίως επειδή έχουν διαφορετικές περιοχές αρμοδιότητας. Οι θετικές επιστήμες αφορούν τον φυσικό κόσμο· η θρησκεία αφορά τον πνευματικό. Για να το θέσουμε απλούστερα, η επιστήμη διερευνά το *πώς* και η θρησκεία το *γιατί*. Οι πρακτικές της επιστήμης και της θρησκείας επίσης διαφέρουν. Από τη μια πλευρά, οι επιστήμονες διεξάγουν πειράματα για να εξιχνιάσουν τα μυστικά της φύσης· από την άλλη, οι ιερείς πρωτοστατούν στην τελετουργική λατρεία του Θεού και οικοδομούν την κοινότητα των ανθρώπων. Από αυτή την άποψη, οι θετικές επιστήμες και η θρησκεία διαφέρουν εντελώς μεταξύ τους, χωρίς να έρχονται σε σύγκρουση. Πρόκειται για δύο χωριστά, και εντούτοις αλληλοσυμπληρούμενα, πεδία ανθρώπινης δράσης.

Όταν παρακάτω στο βιβλίο αυτό μελετήσουμε τη φύση του φωτός, θα αντιμετωπίσουμε το φως αρχικά ως κύμα και κατόπιν ως σωματίο. Για κάποιον που έχει κάποιες στοιχειώδεις γνώσεις φυσικής, τα κύματα και τα σωματίια είναι ασυμβίβαστες έννοιες. Το φως μπορεί να είναι είτε το ένα είτε το άλλο, και θα πρέπει κανείς να επιλέξει. Ωστόσο, για όποιον έχει βαθύτερες γνώσεις φυσικής τα κύματα και τα σωματίια αλληλοσυμπληρώνονται και συμβάλλουν από κοινού στην πληρέστερη κατανόηση της φύσης του φωτός. Κατά παρόμοιο τρόπο, αυτοί που αισθάνονται ότι οφείλουν να διαλέξουν μεταξύ θρησκευτικής πίστης και πίστης στην επιστήμη είναι στην πλειονότητά τους άνθρωποι με κακή ή ελλιπή πληροφόρηση σχετικά με τη βαθύτερη φύση της επιστήμης και της θρησκείας. Για κάποιον που έχει κατανοήσει τη βαθύτερη ουσία της θρησκείας και της επιστήμης, δεν υπάρχει καμία αντίφαση στη συνύπαρξη θρησκευτικού αισθήματος και επιστημονικής θεώρησης του κόσμου.*

Για πολλούς ανθρώπους, είναι δυσάρεστο το να μη γνωρίζουν τις απαντήσεις σε ποικίλα θρησκευτικά και φιλοσοφικά ερωτήματα. Ορισμένοι αποφεύγουν το αίσθημα αβεβαιότητας με την άκριτη αποδοχή οποιασδήποτε παρήγορης απάντησης. Εντούτοις, ένα σημαντικό δίδαγμα που απορρέει από την επιστήμη είναι ότι η αβεβαιότητα είναι αποδεκτή. Στο Κεφάλαιο 31, παραδείγματος χάριν, θα μάθετε πως είναι αδύνατον να γνωρίζουμε ταυτόχρονα με βεβαιότητα την ορμή και τη θέση ενός ηλεκτρονίου σε κάποιο άτομο. Όσο περισσότερα γνωρίζουμε για την ορμή τόσο λιγότερα γνωρίζουμε για τη θέση του, και αντιστρόφως. Η αβεβαιότητα αποτε-

* Αυτό, βέβαια, δεν ισχύει για ορισμένους φονταμενταλιστές –χριστιανούς, μουσουλμάνους ή ό,τι άλλο– οι οποίοι επιμένουν δογματικά ότι είναι αδύνατον να υιοθετεί κανείς ταυτόχρονα τις αρχές της επιστήμης και τη δική τους εκδοχή της θρησκείας.

Ψευδοεπιστήμη

Την εποχή πριν από την εμφάνιση των θετικών επιστημών, κάθε προσπάθεια να χαλιναγωγήσει ο άνθρωπος τη φύση σήμαινε να την εξαναγκάσει να «δράσει» ενάντια στη θέλησή της. Η φύση έπρεπε να υποταχθεί, συνήθως με κάποια μορφή μαγείας ή με κάποιο μέσο που την υπερέβαινε, δηλ. υπερφυσικό. Η επιστήμη κάνει το ακριβώς αντίθετο: εργάζεται στο πλαίσιο των φυσικών νόμων. Οι επιστημονικές μέθοδοι έχουν εκτοπίσει την πίστη στο υπερφυσικό, αν και όχι εντελώς. Οι «προ-επιστημονικές» μέθοδοι κυριαρχούν στις πρωτόγονες πολιτισμικές ομάδες, αλλά επιβιώνουν και σε τεχνολογικά προηγμένες κοινωνίες, ενίοτε μεταμφιεζόμενες σε επιστημονικές. Πρόκειται για μια κίβδηλη μορφή της επιστήμης – για **ψευδοεπιστήμη**. Ειδοποιό γνώρισμα ενός ψευδοεπιστημονικού ισχυρισμού αποτελεί η έλλειψη δύο ουσιωδών «συστατικών» μιας επιστημονικής θεωρίας: α) αποδεικτικών στοιχείων και β) κάποιας δοκιμασίας που θα μπορούσε να καταρρίψει τον ισχυρισμό. Στον κόσμο της ψευδοεπιστήμης, η επιφυλακτικότητα και ο έλεγχος της πιθανής μη ορθότητας υποβαθμίζονται ή αγνοούνται επιδεικτικά.

Υπάρχουν ποικίλοι τρόποι προσέγγισης των σχέσεων αιτίου-αποτελέσματος στο σύμπαν. Ένας είναι ο μυστικισμός, κατάλληλος ίσως στο πλαίσιο της θρησκείας, αλλά μη εφαρμόσιμος στο πεδίο της επιστήμης. Η αστρολογία αποτελεί ένα πανάρχαιο σύστημα πεποιθήσεων που διατείνεται πως υπάρχει μια μυστικιστική σχέση μεταξύ κάθε ανθρώπινου όντος και του σύμπαντος ως όλου – ότι τα ανθρώπινα πράγματα επηρεάζονται από τις θέσεις και τις κινήσεις των πλανητών και άλλων ουράνιων σωμάτων. Αυτή η μη επιστημονική θεώρηση μπορεί να είναι ιδιαίτερα ελκυστική. Ανεξάρτητα του πόσο ασήμαντοι αισθανόμαστε ενίοτε, οι αστρολόγοι μάς διαβεβαιώνουν πως είμαστε στενά συνδεδεμένοι με τον μηχανισμό λειτουργίας του σύμπαντος, το οποίο δημιουργήθηκε για εμάς – και ιδιαίτερα για τα μέλη της δικής μας φυλής, κοινότητας

ή θρησκευτικής ομάδας. Ωστόσο, η αστρολογία ως αρχαϊκή μορφή μαγείας είναι κάτι διαφορετικό από την αστρολογία που έχει μεταμφιεστεί σε επιστήμη. Όταν η αστρολογία εμφανίζεται ως επιστημονικός κλάδος συγγενής με την αστρονομία, συνιστά πλέον ψευδοεπιστήμη. Ορισμένοι αστρολόγοι παρουσιάζουν την «τέχνη» τους με επιστημονικό ένδυμα. Όταν χρησιμοποιούν σύγχρονα αστρονομικά δεδομένα και ηλεκτρονικούς υπολογιστές που χαρτογραφούν τις κινήσεις των ουράνιων σωμάτων, λειτουργούν εντός των ορίων της επιστήμης. Όταν, όμως, χρησιμοποιούν τα ίδια δεδομένα για να επινοήσουν αστρολογικές προβλέψεις, τότε περνούν καθ' ολοκληρίαν στην επικράτεια της ψευδοεπιστήμης.

Η ψευδοεπιστήμη, όπως και η αυθεντική επιστήμη, διατυπώνει προβλέψεις. Οι προβλέψεις ενός ραβδοσκόπου, ο οποίος εντοπίζει την ύπαρξη υπεδαφικού νερού με μια ράβδο, έχουν πολύ μεγάλο ποσοστό επιτυχίας – σχεδόν 100%. Όταν ένας ραβδοσκόπος εκτελέσει την ιδιαίτερη «τελετουργία» του και υποδείξει κάποιο σημείο στο έδαφος, είναι σίγουρο πως η γεάτρηση δεν θα αποτύχει. Η ραβδοσκοπία φέρνει τα προσδοκώμενα αποτελέσματα. Βέβαια, ο ραβδοσκόπος είναι σχεδόν αδύνατο να αποτύχει, διότι υπόγεια νερά σε βάθος έως 100 μέτρα από την επιφάνεια υπάρχουν σχεδόν παντού στη Γη. (Πραγματική δοκιμασία για έναν ραβδοσκόπο θα ήταν να εντοπίσει μια θέση όπου δεν μπορεί να βρεθεί νερό!)

Ένας σαμάνος (μάγος-ιερέας) που μελετά τις ταλαντώσεις ενός εκκρεμούς πάνω από την κοιλιά μιας εγκύου μπορεί να προβλέψει το φύλο του εμβρύου με ακρίβεια 50%. Αυτό σημαίνει ότι αν επαναλάβει την ίδια διαδικασία πολλές φορές σε πολλά έμβρυα, οι μισές προβλέψεις του θα είναι ορθές και οι μισές εσφαλμένες – το σύνθημα ποσοστό επιτυχίας της τυχαίας πρόβλεψης. Αντίστοιχα, ο προσδιορισμός του φύλου ενός εμβρύου με επιστημονικά μέσα έχει ποσοστό επιτυχίας 95% για την υπερηχογραφι-

λεί μέρος της επιστημονικής διαδικασίας. Δεν είναι κακό να μην ξέρουμε τις απαντήσεις σε θεμελιώδη ερωτήματα. Γιατί τα μήλα έλκονται βαρυτικά προς τη Γη; Γιατί τα ηλεκτρόνια αλληλοαπωθούνται; Γιατί οι μαγνήτες αλληλεπιδρούν με άλλους μαγνήτες; Γιατί η ενέργεια έχει μάζα; Σε θεμελιώδες επίπεδο, οι επιστήμονες αγνοούν τις απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά, τουλάχιστον προς το παρόν. Εν γένει, οι επιστήμονες δεν έχουν πρόβλημα να αποδεχθούν την άγνοιά τους. Γνωρίζουμε πολλά για το πού βρισκόμαστε, αλλά κατ' ουσίαν τίποτα σχετικά με το *γιατί* υπάρχουμε. Δεν είναι κακό να αγνοούμε τις απαντήσεις σε τέτοια θρησκευτικά ερωτήματα – ιδιαίτερα αν εξακολουθήσουμε να τις αναζητούμε με ευρύτητα πνεύματος και μεγαθυμία.

Επιστήμη και τεχνολογία

Η επιστήμη και η τεχνολογία διαφέρουν επίσης μεταξύ τους. Η επιστήμη έχει ως αντικείμενο τη συγκέντρωση και την οργάνωση γνώσεων. Η τεχνολογία δίνει στους ανθρώπους τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν αυτή τη γνώση για πρακτικούς σκοπούς, και παρέχει στους επιστήμονες τα μέσα που χρειάζονται για την περαιτέρω έρευνά τους.

Η τεχνολογία είναι ένα δίκικο μαχαίρι που μπορεί να είναι τόσο επωφελές όσο και επιζήμιο. Παραδείγματος χάριν, η υπάρχουσα τεχνολογία μας επιτρέπει να εξορύσσουμε από το έδαφος ορυκτά καύσιμα και στη συνέχεια να τα χρησιμοποιούμε για να παράγουμε ενέργεια. Η παραγωγή ενέργειας από ορυκτά καύσιμα έχει αποβεί επωφελής για την κοινωνία μας με αναρίθμητους τρόπους. Από την άλλη πλευρά,

κή μέθοδο και 100% για την αμνιοκέντηση. Η θετικότερη κρίση που μπορούμε να εκφέρουμε για τον σαμάνο είναι ότι το ποσοστό επιτυχίας του, 50%, είναι πολύ υψηλότερο από εκείνο των αστρολόγων, των χειρομαντών και των άλλων ψευδοεπιστημόνων που προβλέπουν το μέλλον.

Παράδειγμα ψευδοεπιστήμης με μηδενικό ποσοστό επιτυχίας είναι οι μηχανές πολλαπλασιασμού της ενέργειας. Οι συγκεκριμένες μηχανές, οι οποίες υποτίθεται ότι αποδίδουν περισσότερη ενέργεια από όση καταναλώνουν, υποστηρίζεται ότι «βρίσκονται ακόμη στο στάδιο του σχεδιασμού» και ότι χρειάζονται «κεφάλαια για την ανάπτυξή τους». Προωθούνται από απατεώνες οι οποίοι πουλούν μετοχές σε ανίδεους πολίτες που δеляάζονται από τις εξωπραγματικές υποσχέσεις επιτυχίας. Πρόκειται για επιστημονικοφανείς ανοησίες. Οι ψευδοεπιστήμονες βρίσκονται παντού, συνήθως βρίσκουν εύκολα μαθητές που τους προσφέρουν χρήματα ή δωρεάν εργασία και μπορεί να γίνουν ιδιαίτερα πειστικοί ακόμη και σε φαινομενικά λογικούς ανθρώπους. Οι τίτλοι των βιβλίων τους στα βιβλιοπωλεία είναι πολύ περισσότεροι από εκείνους των επιστημονικών βιβλίων. Η ψευδοεπιστήμη εν γένει ανθεί.

Τους τελευταίους τέσσερεις αιώνες, με την άνθηση των θετικών επιστημών, οι γνώσεις του ανθρώπου έχουν διευρυνθεί εντυπωσιακά. Η απόκτηση των γνώσεων αυτών και η κατάλυση της δεισιδαιμονίας ήταν αποτέλεσμα τεράστιας ανθρώπινης προσπάθειας και επίπονου πειραματισμού. Θα πρέπει να αισθανόμαστε μεγάλη ικανοποίηση για όσα έχουμε μάθει. Έχουμε κάνει πολλά βήματα όσον αφορά την κατανόηση της φύσης και την απελευθέρωσή μας από την άγνοια, και θα πρέπει να είμαστε υπερήφανοι γι' αυτό. Δεν πεθαίνουμε πια από την κάθε μολυσματική ασθένεια. Δεν ζούμε πια με τον φόβο των δαιμόνων. Δεν χύνουμε πια λειωμένο μολύβι στα παπούτσια γυναικών που κατηγορήθηκαν για μαγεία, όπως γινόταν επί τρεις

αιώνες σχεδόν, κατά τον Μεσαίωνα. Σήμερα, δεν υπάρχει πλέον κανένας λόγος να θεωρούμε τη δεισιδαιμονία κάτι παραπάνω από δεισιδαιμονία, και τις επιστημονικοφανείς ανοησίες κάτι παραπάνω από ψευδοεπιστήμη, ανεξάρτητα από το αν προέρχονται από επίδοξους σαμάνους, τυχαίους αγύρτες ή αιθεροβάμονες συγγραφείς «θαυματουργών» βιβλίων υγιεινής διαβίωσης.

Ωστόσο, έχω λόγους να φοβάμαι πως αυτό που πέτυχε με σκληρή προσπάθεια μια ολόκληρη γενιά εγκαταλείπεται από την επόμενη. Χρειάστηκαν αιώνες για να ξεπεραστεί η βαθιά επίδραση που ασκούσαν στους ανθρώπους η μαγεία και η δεισιδαιμονία. Κι όμως, σήμερα, η ίδια μαγεία και δεισιδαιμονία σαγηνεύουν ολοένα και περισσότερους ανθρώπους. Ο Τζέιμς Ράντι αναφέρει στο βιβλίο του με τίτλο *Flim-Flam!* ότι στις Ηνωμένες Πολιτείες υπάρχουν τουλάχιστον 20.000 επαγγελματίες αστρολόγοι, οι οποίοι προσφέρουν τις υπηρεσίες τους σε εκατομμύρια εύπιστους πελάτες. Σύμφωνα με τον Μάρτιν Γκάρντνερ, συγγραφέα εκλαϊκευτικών επιστημονικών βιβλίων, το ποσοστό του πληθυσμού που πιστεύει στην αστρολογία και στον αποκρυφισμό στη σύγχρονη Αμερική είναι μεγαλύτερο απ' ό,τι ήταν το αντίστοιχο ποσοστό στη μεσαιωνική Ευρώπη. Λίγες εφημερίδες έχουν ημερήσια στήλη επιστημονικού περιεχομένου, αν και όλες σχεδόν δημοσιεύουν ωροσκόπια σε καθημερινή βάση. Τέλος, υπάρχουν και οι τηλεοπτικοί παραψυχολόγοι, που πολλαπλασιάζονται και κερδίζουν τηλεθέαση συνεχώς.

Πολλοί πιστεύουν ότι το πολιτισμικό μας επίπεδο υποχωρεί εξαιτίας της ανάπτυξης της τεχνολογίας. Ωστόσο, θεωρώ πιθανότερο να διολισθήσουμε προς τα πίσω επειδή η επιστήμη και η τεχνολογία θα λυγίσουν υπό τα πλήγματα του ανορθολογισμού, των δεισιδαιμονιών και της παρωχημένης δημαγωγίας. Προσέχετε τους εκπροσώπους τους. Η ψευδοεπιστήμη αποτελεί μια τεράστια και επικερδή επιχείρηση.

η καύση των ορυκτών καυσίμων θέτει σε κίνδυνο το περιβάλλον. Συχνά έχουμε την τάση να κατηγορούμε την ίδια την τεχνολογία για προβλήματα όπως είναι η ρύπανση, η εξάντληση των φυσικών πόρων, ακόμη και ο υπερπληθυσμός. Για τα προβλήματα αυτά, ωστόσο, δεν ευθύνεται η τεχνολογία περισσότερο απ' ό,τι ευθύνεται για έναν τραυματισμό από ένα όπλο το ίδιο το όπλο. Αυτός που χρησιμοποιεί την τεχνολογία, και που έχει την ευθύνη για τον τρόπο χρήσης της, είναι ο άνθρωπος.

Είναι αξιοσημείωτο ότι η τεχνολογία που απαιτείται για την επίλυση πολλών περιβαλλοντικών προβλημάτων έχει ήδη αναπτυχθεί. Ο εικοστός πρώτος αιώνας θα είναι πιθανότατα ο αιώνας στον οποίο θα πραγματοποιηθεί η μεταστροφή από τα ορυκτά καύσιμα σε περισσότερο ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως είναι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, η ηλιακή θερμική παραγωγή ηλεκτρισμού ή η βιομάζα. Ενώ το χαρτί αυτού του βιβλίου προέρχεται από τα δέντρα, στο εγγύς μέλλον θα προέρχεται από ταχείας ανάπτυξης ζιζάνια, και αν διαδοθούν οι οθόνες ανάγνωσης πιθανόν να χρειάζεται μικρότερη ποσότητα από αυτό. Η ανακύκλωση των απορριμμάτων κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος. Σε ορισμένα μέρη του κόσμου έχει ήδη σημειωθεί κάποια πρόοδος στην αναχαίτιση της εκρηκτικής αύξησης του ανθρώπινου πληθυσμού, που επιδεινώνει στον μέγιστο βαθμό τα προβλήματα που αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα. Το βασικότερο εμπόδιο για την επίλυση των σημερινών μας προβλημάτων δεν είναι τόσο η ανεπάρκεια της τεχνολογίας, αλλά η κοινωνική αδράνεια. Η τεχνολογία είναι το εργαλείο μας. Το πώς θα το χρησιμοποιήσουμε εξαρτάται από εμάς. Η τεχνολογία υπόσχεται έναν πιο καθαρό και πιο υγιή κόσμο. Η συνετή εφαρμογή της *μπορεί* να οδηγήσει σε έναν καλύτερο κόσμο.

Εκτίμηση κινδύνου

Τα πάμπολλα οφέλη από την τεχνολογία συνοδεύονται αναπόφευκτα από κινδύνους. Όταν διαπιστώνεται ότι τα οφέλη από μια τεχνολογική καινοτομία υπερτερούν των πιθανών αρνητικών της συνεπειών, η συγκεκριμένη εφαρμογή γίνεται αποδεκτή και χρησιμοποιείται. Οι ακτίνες Χ, παραδείγματος χάριν, συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται για διαγνωστικούς σκοπούς, παρ' όλο που αυξάνουν τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου. Όταν, όμως, παρατηρείται ότι οι πιθανές αρνητικές συνέπειες μιας τεχνολογικής εφαρμογής υπερβαίνουν τα οφέλη, τότε η εν λόγω εφαρμογή θα πρέπει να χρησιμοποιείται με μέτρο ή να μη χρησιμοποιείται καθόλου.

Ο κίνδυνος μπορεί να διαφέρει για διάφορες ομάδες πληθυσμού. Η ασπιρίνη είναι ακίνδυνη για τους ενήλικες, αλλά σε παιδιά μικρής ηλικίας μπορεί να προκαλέσει μια επιπλοκή, γνωστή ως *σύνδρομο του Ράν*, που ενδέχεται να οδηγήσει ακόμη και στον θάνατο. Η απόρριψη μη επεξεργασμένων λυμάτων σε έναν ποταμό μπορεί να μη δημιουργεί σοβαρούς κινδύνους για μια πόλη που βρίσκεται σε υψηλότερο σημείο, αντίθετα προς τη ροή του ποταμού, αλλά για τις πόλεις που βρίσκονται κατά την κατεύθυνση της ροής αποτελεί κίνδυνο για την υγεία των κατοίκων. Αντίστοιχα, η ταφή των ραδιενεργών αποβλήτων μπορεί

να μην αποτελεί σημαντικό κίνδυνο για εμάς σήμερα, αλλά αντιπροσωπεύει σοβαρή απειλή για τις μελλοντικές γενιές, λόγω του ενδεχομένου διαρροής τους στα υπόγεια ύδατα. Οι τεχνολογικές εφαρμογές που αντιπροσωπεύουν διαφορετικούς κινδύνους για διάφορες ομάδες ανθρώπων, καθώς και διαφορετικά οφέλη, εγείρουν ερωτήματα που συχνά προκαλούν έντονες αντιπαραθέσεις. Ποιες κατηγορίες φαρμάκων θα πρέπει να πωλούνται ελεύθερα στο κοινό, και ποια θα πρέπει να είναι η σήμανσή τους; Θα πρέπει να καθιερωθεί η ακτινοβολήση των τροφίμων, ώστε να αποφευχθούν οι τροφικές δηλητηριάσεις που στοιχίζουν τη ζωή σε περισσότερους από 5000 Αμερικανούς κάθε χρόνο; Όταν παίρνονται αποφάσεις που αφορούν το σύνολο του πληθυσμού, είναι αναγκαίο να λαμβάνονται υπ' όψιν οι κίνδυνοι για όλα τα μέλη της κοινωνίας.

Οι κίνδυνοι της τεχνολογίας δεν γίνονται πάντα αμέσως εμφανείς. Όταν επιλέχθηκε το πετρέλαιο ως το ενδεδειγμένο καύσιμο για τα αυτοκίνητα, στις αρχές του εικοστού αιώνα, κανείς δεν είχε συνειδητοποιήσει πλήρως τον κίνδυνο από τα προϊόντα της καύσης του. Εκ των υστέρων, είναι προφανές ότι οι αλκοόλες από βιομάζα θα ήταν καλύτερη επιλογή από περιβαλλοντικής πλευράς, αλλά η χρήση τους προσέκρουε στο ευρύτερο κλίμα απαγόρευ-

ΕΛΕΓΞΤΕ ΤΟΝ ΕΑΥΤΟ ΣΑΣ

Σε ποια από τις παρακάτω δραστηριότητες υπεισέρχεται στον υπέρτατο βαθμό η ανθρώπινη έκφραση πάθους, ταλέντου και ευφυΐας;

(α) ζωγραφική και γλυπτική (β) λογοτεχνία (γ) μουσική (δ) θρησκεία (ε) θετικές επιστήμες

Φυσική — Η Βασική θετική επιστήμη

Οι θετικές επιστήμες, που κάποτε αποκαλούνταν στο σύνολό τους *φυσική φιλοσοφία*, περιλαμβάνουν τη μελέτη των έμβιων και των άβιων όντων: τις επιστήμες της ζωής και τις φυσικές επιστήμες. Στις πρώτες ανήκουν η βιολογία, η ζωολογία και η βοτανική. Οι φυσικές επιστήμες περιλαμβάνουν τη γεωλογία, την αστρονομία, τη χημεία και τη φυσική.

Αλλά η φυσική είναι κάτι παραπάνω από ένα μέρος των φυσικών επιστημών. Είναι η *θεμελιωδέστερη* θετική επιστήμη. Μελετά τη φύση βασικών πραγμάτων, όπως είναι η κίνηση, η δύναμη, η ενέργεια, η ύλη, ο ήχος, το φως και το εσωτερικό του ατόμου. Η χημεία μελετά το πώς συναρμόζεται η ύλη, πώς ενώνονται τα άτομα και δημιουργούν μόρια, και πώς ενώνονται τα μόρια μεταξύ τους και σχηματίζουν τις

ΕΛΕΓΞΤΕ ΤΗΝ ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΣΑΣ Σε όλες! Ωστόσο, οι περισσότεροι άνθρωποι στην κοινωνία μας ελάχιστα κατανοούν την «ανθρωπική» αξία των θετικών επιστημών. Οι λόγοι ποικίλλουν από τη διαδεδομένη αντίληψη ότι οι επιστήμες αυτές είναι ακατανόητες για τον μέσο άνθρωπο μέχρι την ακραία άποψη ότι συντελούν στον απανθρωπισμό της κοινωνίας μας. Οι περισσότερες παρανοήσεις για την επιστήμη πηγάζουν ίσως από τη σύγχυση μεταξύ της ίδιας της επιστήμης και των *καταχρήσεών* της.

Οι θετικές επιστήμες είναι μια γοητευτική ανθρώπινη δραστηριότητα που τη μοιράζονται άνθρωποι πολύ διαφορετικοί μεταξύ τους, οι οποίοι, με τα σημερινά μέσα και τη σύγχρονη τεχνολογία, φτάνουν πολύ μακριά και ανακαλύπτουν για τους ίδιους και το περιβάλλον τους πολύ περισσότερα από όσα μπορούσαν να βρουν οι άνθρωποι των προηγούμενων εποχών. Όσο περισσότερα γνωρίζετε για τις θετικές επιστήμες, τόσο εντονότερο πάθος νιώθετε για αυτά που σας περιβάλλουν. Η φυσική υπάρχει στο καθετί που βλέπετε, ακούτε, γεύεστε και αγγίζετε!

σης του αλκοόλ που επικρατούσε την εποχή εκείνη. Σήμερα, με δεδομένο πλέον το περιβαλλοντικό κόστος της χρήσης ορυκτών καυσίμων, τα καύσιμα από βιομάζα επανέρχονται σταδιακά, αν και με αργό ρυθμό, στο προσκήνιο. Η επαρκής γνώση τόσο των βραχυπρόθεσμων όσο και των μακροπρόθεσμων κινδύνων της τεχνολογίας έχει πολύ μεγάλη σημασία.

Η κοινή γνώμη, απ' ό,τι φαίνεται, δυσκολεύεται να αποδεχθεί ότι ο μηδενισμός του κινδύνου είναι κάτι πρακτικά ανέφικτο. Τα αεροπορικά ταξίδια δεν είναι δυνατόν να είναι απολύτως ασφαλή. Τα τυποποιημένα τρόφιμα δεν είναι δυνατόν να είναι εντελώς απαλλαγμένα από τοξικές ουσίες, αφού όλα τα τρόφιμα είναι σε κάποιο βαθμό τοξικά. Δεν είναι δυνατόν να κάνει κανείς ηλιοθεραπεία χωρίς να διατρέχει τον κίνδυνο του καρκίνου του δέρματος, όσο αντηλιακό και να βάλει. Δεν είναι δυνατόν να αποφύγει κανείς τη ραδιενέργεια, αφού βρίσκεται στον αέρα που αναπνέει και στην τροφή που τρώει, και αυτό ίσχυε ακόμη και πριν την εμφάνιση του ανθρώπου στη Γη. Ακόμη και το πιο καθαρό νερό της βροχής περιέχει ραδιενεργό άνθρακα-14, ενώ το ίδιο ισχύει και για το ίδιο μας το σώμα. Ανάμεσα σε δύο χτύπους της καρδιάς μας, λαμβάνουν χώρα 10.000 συμβάντα φυσικής ραδιενεργού διάσπασης, και

αυτό συνέβαινε ανέκαθεν στην ιστορία του ανθρώπινου είδους. Ακόμη και αν εγκατασταθείτε μακριά από οποιαδήποτε ανθρώπινη δραστηριότητα, τρέφεστε με τις πλέον φυσικές τροφές και τηρείτε σχολαστικά όλους τους κανόνες υγιεινής, δεν μπορείτε να εξαλείψετε το ενδεχόμενο να πεθάνετε από καρκίνο λόγω της ραδιενέργειας που εκλύεται από το ίδιο σας το σώμα. Η πιθανότητα θανάτου εν τέλει είναι 100%. Κανείς δεν εξαιρείται από αυτόν τον κανόνα.

Οι θετικές επιστήμες μάς βοηθούν να προσδιορίσουμε το πλέον πιθανό ενδεχόμενο. Καθώς τα εργαλεία της επιστήμης βελτιώνονται, ο προσδιορισμός του πλέον πιθανού ενδεχομένου γίνεται ολοένα και πιο εφικτός στόχος. Η αποδοχή του κινδύνου, από την άλλη πλευρά, αφορά την κοινωνία. Το να θέτει μια κοινωνία ως στόχο τον μηδενισμό του κινδύνου δεν είναι μόνο εξωπραγματικό, αλλά και εγωιστικό. Μια κοινωνία που θα επιδίωκε να επιβάλει συνθήκες μηδενικού κινδύνου θα καταναλώνει όλους τους τωρινούς και τους μελλοντικούς οικονομικούς της πόρους. Δεν είναι πιο αξιοπρεπές να αποδεχθούμε τον κίνδυνο και να προσπαθήσουμε να τον ελαχιστοποιήσουμε μέσα σε ρεαλιστικά όρια; Μια κοινωνία που δεν ρισκιδυλεύει τίποτε, δεν αποκομίζει και κανένα όφελος.

πάμπολλες μορφές ύλης που μας περιβάλλουν. Το αντικείμενο της βιολογίας είναι πιο σύνθετο, και περιλαμβάνει την έμβια ύλη. Επομένως, η βιολογία βασίζεται στη χημεία, και με τη σειρά της η χημεία βασίζεται στη φυσική. Οι έννοιες της φυσικής εκτείνονται μέχρι αυτές τις πιο σύνθετες επιστήμες. Αυτός είναι ο λόγος που η φυσική είναι η βασικότερη θετική επιστήμη.

Η κατανόηση των θετικών επιστημών ξεκινά από την κατανόηση της φυσικής. Στα επόμενα κεφάλαια θα παρουσιάσουμε τη φυσική από εννοιολογική πλευρά· στόχος μας είναι η κατανόησή της να γίνει μια απολαυστική εμπειρία.

Προοπτική Θεώρηση

Πριν από λίγους μόλις αιώνες, οι πιο ταλαντούχοι και ικανοί καλλιτέχνες, αρχιτέκτονες και τεχνίτες του κόσμου αφιέρωναν την ιδιοφυΐα και τις προσπάθειές τους στην κατασκευή επιβλητικών καθεδρικών ναών, συναγωγών και τεμένων. Μερικές από αυτές τις αρχιτεκτονικές κατασκευές χρειάστηκαν ολόκληρους αιώνες για να αποπερατωθούν, πράγμα που σημαίνει ότι δεν υπήρξε κανείς που να παραστεί «αυτόπτης μάρτυς» τόσο της αρχής όσο και του τέλους αυτών των προσπαθειών. Ακόμη και οι αρχιτέκτονες και οι πρώτοι χτίστες που έζησαν μέχρι τα βαθιά γεράματα δεν πρόλαβαν να δουν ολοκληρωμένο το αποτέλεσμα του μόχθου τους. Ολόκληρες ζωές αναλώθηκαν στη σκιά των κατασκευών που φαίνονταν χωρίς αρχή και τέλος. Αυτή η τρομακτική εστίαση ανθρώπινης ενέργειας εμπνεόταν από ένα όραμα που υπερέβαινε τα εγκόσμια – ένα όραμα που άγγιζε το σύμπαν. Για τους ανθρώπους της εποχής εκείνης, τα κτίσματα που οικοδομούσαν ήταν τα «διαστημόπλοια της πίστης τους» τα οποία, αγκυροβολημένα στη Γη, σημάδευαν το σύμπαν.

Σήμερα, πολλοί από τους πιο ικανούς μας επιστήμονες, μηχανικούς, καλλιτέχνες και τεχνίτες στρέφουν τις προσπάθειές τους στην κατασκευή των διαστημοπλοίων που τίθενται σε τροχιά γύρω από τη Γη και άλλων οχημάτων που στοχεύουν σε πιο μακρινούς προορισμούς. Ο χρόνος που απαιτείται για να κατασκευαστούν τα διαστημόπλοια αυτά είναι ελάχιστος σε σύγκριση με τον χρόνο που αναλωνόταν για να χτιστούν τα λίθινα και μαρμάρινα οικοδομήματα στο παρελθόν. Πολλοί που εργάζονται στα σημερινά διαστημόπλοια ζούσαν πριν ακόμη γίνει η πρώτη πτήση αεριοθούμενου αεροσκάφους. Πού θα οδηγήσει η ζωή των σημερινών νέων μέσα σε αντίστοιχο χρόνο;

Απ' ό,τι φαίνεται, βρισκόμαστε στην αυγή μιας ριζικής αλλαγής στην ανάπτυξη του ανθρώπινου είδους. Όπως λέει η μικρή Σάρα στη φωτογραφία που βρίσκεται στην αρχή αυτού του κεφαλαίου, μπορεί να είμαστε σε αντίστοιχη θέση με το εκκολαπτόμενο κοτοπουλάκι που εξάντλησε τους πόρους του περιβάλλοντός του μέσα στο αυγό και είναι έτοιμο να ξεπηδήσει σε έναν κόσμο με εντελώς νέες δυνατότητες. Η Γη είναι το λίκνο μας, και μας υπηρέτησε καλά. Όμως τα λίκνα, όσο άνετα και αν είναι, κάποια μέρα παύουν να μας χωρούν. Έτσι, με έμπνευση που μοιάζει από πολλές πλευρές με την έμπνευση εκείνων που έχτιζαν τους πρώτους καθεδρικούς ναούς, τις συναγωγές και τα τεμένη, στοχεύουμε προς το σύμπαν.

Ζούμε σε μια συναρπαστική εποχή!

Σύνοψη όρων

Γεγονός Ένα φαινόμενο γύρω από το οποίο αξιόπιστοι παρατηρητές που έχουν κάνει μια σειρά από παρατηρήσεις συμφωνούν μεταξύ τους.

Υπόθεση Μια βάσιμη εικασία· μια εύλογη εξήγηση κάποιων παρατηρήσεων ή πειραματικών αποτελεσμάτων η οποία, για να γίνει πλήρως αποδεκτή ως ισχύουσα, θα πρέπει πρώτα να ελεγχθεί επανειλημμένα μέσω του πειράματος.

Νόμος Μια γενική υπόθεση ή απόφαση γύρω από τη σχέση μεταξύ ορισμένων φυσικών ποσοτήτων η οποία έχει ελεγχθεί επανειλημμένα και δεν έχει διαψευστεί. Μια τέτοια υπόθεση αποκαλείται επίσης *αρχή*.

Επιστημονική μέθοδος Μια συστηματική μέθοδος για την απόκτηση, οργάνωση και εφαρμογή νέων γνώσεων.

Θεωρία Η σύνθεση ενός μεγάλου όγκου πληροφοριών η οποία συμπεριλαμβάνει επαρκώς ελεγμένες και επιβεβαιωμένες υποθέσεις γύρω από ορισμένες πλευρές του φυσικού κόσμου.

Προτείνονται για μελέτη

Bronowski, Jacob. *Science and Human Values*. New York: Harper & Row, 1965.

Cole, K.C. *First You Build a Cloud*. New York: Morrow, 1999.

Feynman, Richard P. *Surely You're Joking, Mr. Feynman*. New York: Norton, 1986.

Sagan, Carl. *The Demon-Haunted World*. New York: Random House, 1995.

Ερωτήσεις ανασκόπησης

1. Εν συντομία, τι είναι οι θετικές επιστήμες;
2. Σε όλες τις ιστορικές περιόδους, ποια ήταν η γενική αντίδραση απέναντι σε νέες ιδέες που διατυπώνονταν σχετικά με καθιερωμένες «αλήθειες»;

Επιστημονικές μετρήσεις

3. Γιατί όταν ο Ήλιος ήταν σε ακριβώς κατακόρυφη θέση

στη Συήνη δεν ήταν σε κατακόρυφη θέση και στην Αλεξάνδρεια;

4. Η Γη, όπως και οποιοδήποτε σώμα που φωτίζεται από τον Ήλιο, ρίχνει σκιά. Γιατί η σκιά αυτή σμικρύνεται όσο μεγαλώνει η απόσταση από τη Γη;
5. Πόση είναι η διάμετρος της Σελήνης σε σχέση με την απόσταση Γης-Σελήνης;
6. Πόση είναι η διάμετρος του Ηλίου σε σχέση με την απόσταση Γης-Ηλίου;
7. Γιατί ο Αρίσταρχος έκανε τις μετρήσεις του για την απόσταση Γης-Ηλίου κατά τη διάρκεια Σελήνης 7 ημερών;
8. Τι είναι οι κυκλικές κηλίδες φωτός που βλέπουμε στο έδαφος κάτω από ένα δέντρο μια ηλιόλουστη μέρα;

Μαθηματικά: Η γλώσσα των θετικών επιστημών

9. Ποιος είναι ο ρόλος των μαθηματικών εξισώσεων στο βιβλίο αυτό;

Η επιστημονική μέθοδος

10. Σκιαγραφήστε τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου.

Η επιστημονική αντίληψη

11. Κάντε τη διάκριση μεταξύ επιστημονικού γεγονότος, υπόθεσης, νόμου και θεωρίας.
12. Στην καθημερινή μας ζωή, ακούμε συχνά να επαινούνται κάποιοι άνθρωποι για την επιμονή τους σε ορισμένες απόψεις, με το σκεπτικό ότι έχουν «το θάρρος της γνώμης τους». Η αλλαγή γνώμης θεωρείται ένδειξη αδυναμίας. Σε τι διαφέρει ως προς το ζήτημα αυτό η επιστήμη;
13. Πώς μπορεί να ελεγχθεί το κατά πόσο μια υπόθεση είναι επιστημονική ή όχι;
14. Στην καθημερινή μας ζωή, βλέπουμε σε πολλές περιπτώσεις ανθρώπους που συλλαμβάνονται να διαστρεβλώνουν κάποια στοιχεία λίγο αργότερα να συγχωρούνται και να γίνονται δεκτοί από τους συγχρόνους τους. Σε τι διαφέρει στο ζήτημα αυτό η επιστήμη;
15. Ποιον έλεγχο μπορείτε να κάνετε προκειμένου να αυξήσετε τις πιθανότητες, απέναντι στον ίδιο σας τον εαυτό, να έχετε δίκιο σχετικά με κάποιο ζήτημα;

Επιστήμη, τέχνη και θρησκεία

16. Γιατί οι σπουδαστές των τεχνών ενθαρρύνονται να μελετήσουν τις θετικές επιστήμες, και οι σπουδαστές των θετικών επιστημών να μελετήσουν τις τέχνες;

17. Γιατί πολλοί άνθρωποι πιστεύουν ότι θα πρέπει να επιλέξουν μεταξύ επιστήμης και θρησκείας;
18. Το όφελος του να έχει κανείς ακλόνητες απαντήσεις σε θρησκευτικά ερωτήματα είναι η ψυχική ανακούφιση. Ποιο είναι το όφελος που έχει κάποιος όταν δεν γνωρίζει τις απαντήσεις;

Επιστήμη και τεχνολογία

19. Κάντε με σαφήνεια τη διάκριση μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας.
20. Γιατί η φυσική θεωρείται η βασική θετική επιστήμη;

Πείραμα για το σπίτι

Ανοίξτε μια τρύπα σε ένα χαρτόνι και κρατήστε το χαρτόνι σχεδόν κάθετα στις ακτίνες του Ηλίου. Παρατηρήστε το είδωλο του Ηλίου που πέφτει στο έδαφος. Για να πειστείτε ότι η στρογγυλή κηλίδα φωτός είναι ένα είδωλο του Ηλίου, δοκιμάστε το ίδιο πείραμα με τρύπες διαφόρων σχημάτων. Μια τετράγωνη ή τριγωνική τρύπα θα σχηματίσει και πάλι στρογγυλό είδωλο όταν η απόσταση τρύπας-ειδώλου είναι μεγάλη σε σχέση με το μέγεθος της τρύπας. Όταν οι ακτίνες του Ηλίου είναι κάθετες στην επιφάνεια στην οποία σχηματίζεται το είδωλο, το είδωλο έχει σχήμα κύκλου· όταν οι ακτίνες πέφτουν στην επιφάνεια πλάγια, το είδωλο έχει σχήμα «πεπλατυσμένου» κύκλου, δηλαδή έλλειψης. Τοποθετήστε στη θέση όπου σχηματίζεται το είδωλο ένα κέρμα. Ρυθμίστε την απόσταση του χαρτονιού έτσι ώστε το είδωλο να καλύπτει ακριβώς το κέρμα. Αυτός είναι ένας πρακτικός τρόπος να μετρήσει κανείς τη διάμετρο του ειδώλου – ισούται με τη διάμετρο του κέρματος, που είναι εύκολο να μετρηθεί. Εν συνεχεία, μετρήστε την απόσταση μεταξύ του χαρτονιού και του ειδώλου. Ο λόγος του μεγέθους του ειδώλου προς την απόστασή του από το χαρτόνι θα πρέπει να είναι περίπου 1/110. Αυτός είναι και ο λόγος της διαμέτρου του Ηλίου προς την απόσταση Γης-Ηλίου. Με δεδομένο ότι ο Ήλιος απέχει 150.000.000 χιλιόμετρα από τη Γη, υπολογίστε τη διάμετρό του.

Ασκήσεις

1. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι επιστημονικές υποθέσεις; (α) Η χλωροφύλλη δίνει στο γρασίδι πράσινο χρώμα. (β) Η Γη περιστρέφεται περί τον άξονά της επειδή η εναλλαγή φωτός-σκότους είναι απαραίτητη για τα έμβια όντα. (γ) Οι παλίρροιας προκαλούνται από την κίνηση της Σελήνης.

2. Για να απαντήσει στο ερώτημα «Όταν μεγαλώνει ένα φυτό, από πού προέρχεται η επιπλέον ύλη;», ο Αριστοτέλης υπέθεσε με βάση τη λογική ότι όλη η ύλη προέρχεται από το έδαφος. Θεωρείτε την υπόθεσή του ορθή, λανθασμένη ή εν μέρει ορθή; Ποια πειράματα μπορείτε να προτείνετε προκειμένου να υποστηρίξετε την άποψή σας;
3. Ο μεγάλος φιλόσοφος και μαθηματικός Μπέρτραντ Ράσσελ (Bertrand Russell, 1872-1970), διατύπωσε σε νεαρή ηλικία απόψεις τις οποίες απέρριψε προς το τέλος της ζωής του. Θεωρείτε τη συγκεκριμένη στάση ένδειξη αδυναμίας ή ένδειξη δύναμης εκ μέρους του; (Πιστεύετε ότι οι τωρινές σας απόψεις για τον κόσμο γύρω σας θα μεταβληθούν καθώς θα αποκτάτε περισσότερες γνώσεις και εμπειρίες, ή υποθέτετε ότι οι επιπλέον γνώσεις και εμπειρίες θα εδραιώσουν περισσότερο τις τωρινές σας απόψεις;)
4. Ο Μπέρτραντ Ράσσελ έγραψε, «Πιστεύω ότι θα πρέπει να παραμείνουμε σταθεροί στην πεποίθηση ότι η επιστημονική γνώση είναι ένα από τα πιο αξιοθαύμαστα επιτεύγματα του ανθρώπινου είδους. Δεν ισχυρίζομαι ότι η γνώση δεν μπορεί ποτέ να αποβεί επιζήμια. Θεωρώ ότι τέτοιου είδους γενικοί ισχυρισμοί μπορούν σχεδόν πάντα να ανασκευαστούν με βάση κάποια εύστοχα παραδείγματα. Αυτό που υποστηρίζω –και το υποστηρίζω με πάθος– είναι ότι η γνώση είναι πολύ πιο συχνά επωφελής παρά επιζήμια, και ότι ο φόβος της γνώσης είναι πολύ πιο συχνά επιζήμιος παρά επωφελής.» Σκεφτείτε κάποια παραδείγματα που να επιβεβαιώνουν αυτήν τη ρήση.
5. Όταν βγαίνετε από ένα σκιερό μέρος στον ήλιο, η θερμότητα από τις ηλιακές ακτίνες γίνεται εξίσου αισθητή με τη θερμότητα που εκπέμπεται από τα πυρωμένα ξύλα στο τζάκι ενός κρύου δωματίου. Η θερμότητα του Ηλίου γίνεται αισθητή όχι λόγω της υψηλής του θερμοκρασίας (σε μερικές συσκευές οξυγονοκόλλησης αναπτύσσεται ακόμη υψηλότερη θερμοκρασία), αλλά λόγω του μεγάλου μεγέθους του Ηλίου. Κατά την εκτίμησή σας τι είναι μεγαλύτερο, η ακτίνα του Ηλίου ή η απόσταση Γης-Σελήνης; Ελέγξτε την απάντησή σας συμβουλευόμενοι τα στοιχεία στο εσωτερικό του οπισθοφύλλου. Σας φαίνεται αναμενόμενο το αποτέλεσμα αυτό;
6. Η σκιά που σχηματίζει ένας κατακόρυφος κίονας στην Αλεξάνδρεια το μεσημέρι κατά το θερινό ηλιοστάσιο ισούται με το 1/8 του ύψους του κίονα. Η απόσταση Αλεξάνδρειας-Συήνης ισούται με το 1/8 της ακτίνας της Γης. Υπάρχει άραγε κάποια γεωμετρική σύνδεση μεταξύ αυτών των ίσων λόγων;
7. Τι έχει πιθανότατα παρανοήσει κάποιος που λέει «Μα, αυτό δεν είναι παρά μια επιστημονική θεωρία»;
8. Οι επιστήμονες χαρακτηρίζουν μια θεωρία που ενοποιεί πολλές ιδέες με απλό τρόπο «ομορφή». Θεωρούνται η ενότητα και η απλότητα κριτήρια ομορφιάς πέραν της επιστήμης; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Μέρος Πρώτο

ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Δεν μπορείτε να αγγίξετε χωρίς να σας αγγίξουν –
τρίτος νόμος του Νεύτωνα!

