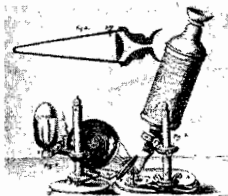


Σ Ι Ρ Ι Α Ε Ξ Ν Τ Ο Ν

Ανακαλύψεις που άλλαξαν τη ζωή μας



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ



Ο ΟΥΡΑΝΟΣ

Η Σελήνη και οι παλίρροιες.....	27
Ο γείτονάς μας, η Σελήνη.....	29
Η περιστροφή της Γης.....	31
Τα ρολόγια ακριβείας	32
Η ονομασία των αστέρων.....	36
Η κίνηση των πλανητών.....	36
Η αστρονομία και η αστρολογία	37
Πορείες κατά μήκος της εκλειπτικής	38
Ο ζωδιακός κύκλος.....	39
Το μέγεθος των αστέρων.....	40
Μερικοί φωτεινοί αστέρες	42
Έτη φωτός	43
Ο Ήλιος	65
Σημαντικά στατιστικά στοιχεία του Ήλιου	66
Η οικογένεια του Ήλιου	67
Οι αστεροειδείς	67
Η ζώνη του Κάιπερ	68
Οι μετεωρίτες	69
Οι κομήτες	70

Διάττοντες αστέρες και βροχή μετεώρων	72
Η παγκόσμια έλξη	101
Κοιτάζοντας πίσω στο χρόνο	117
Η ταχύτητα διαφυγής	117
Η αποχώρηση από τη Σελήνη	120
Ο υπολογισμός των τροχιών	121
Οι εικασίες του Μίτσελ	158
Πόσο μακριά βρίσκονται τα αστέρια;	160
Ο τριγωνισμός και η παράλλαξη	290
Η μέτρηση των αποστάσεων στην αστρονομία	292
Η Χενριέτα Λίβιτ και οι υπολογιστές του Χάρβαρντ	296
Η φωτεινότητα και η απόσταση των αστερών	298
Η ταξινόμηση των αστερών	303
Ο Χαμπλ στο όρος Ουίλσον	308
Το επεκτεινόμενο σύμπαν	309
Μια νέα άποψη για το σύμπαν	311
Η τοπική ομάδα των γαλαξιών μας	312
Το «κοσμικό αυγό» του Λεμέτρ	312
«Μπιγκ Μπανγκ» ή «Σταθερή κατάσταση»;	339
Πόσοι αστέρες υπάρχουν;	342



Η ΓΗ

Οι εποχές	43
Η εκτροπή	48
Η μέτρηση της Γης	50
Σημαντικά στατιστικά στοιχεία της Γης	52
Ο χρόνος είναι απόσταση	151
Υπολογισμός του βάρους της Γης (Πρώτο μέρος)	153

Υπολογισμός του βάρους της Γης (Δεύτερο μέρος)	155
Ο αέρας που αναπνέουμε	175
Ο αέρας σε υψόμετρο	176
Η διατήρηση της θερμότητας	177
Η ταχύτητα του ανέμου	178
Η ατμόσφαιρα των πλανητών	178
Η ανώτερη ατμόσφαιρα	180
Ποια είναι η ηλικία της Γης;	188
Ο Φουριέ και το φαινόμενο του θερμοκηπίου	191
Η υπερθέρμανση του πλανήτη	229
Χρονολογώντας το παρελθόν	231
Η σημασία του όρου «ημίσεια ζωή»	235
Το γεωλογικό ημερολόγιο	236
Ο Μόρι και η ωκεανογραφία	256
Έρευνες και εκστρατείες	257
Οι κινούμενες ήπειροι	272
Ρωγμές στον πυθμένα του ωκεανού	274
Οι τεκτονικές πλάκες	276
Οι σεισμικές ζώνες	276
Ο σειсмоγράφος	277
Η κλίμακα Ρίχτερ	277
Τα τσουνάμι	279
Μερικοί σημαντικοί σεισμοί	281
Ηφαιστειακές εκρήξεις	280
Ο άνθρακας και το πετρέλαιο	284
Το ανώτατο στρώμα της Γης	284
Η μέτρηση της σκληρότητας	285
Εξερευνώντας το εσωτερικό της Γης	286
Το νερό και το αλάτι	288
Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι	289



Ο ΕΜΒΙΟΣ ΚΟΣΜΟΣ

Ο Λέβενχουκ και οι φακοί του	127
Ο Λινναίος και το σύστημά του	160
Η ταξινόμηση των ειδών	163
Η εντυπωσιακή ποικιλία της ζωής	164
Το γένος «άνθρωπος»	165
Η δαμαλίτιδα και η ευλογία	169
Ο Όουεν και οι δεινόσαυροι	209
Η εξαφάνιση των δεινοσαύρων	210
Τα βαρύτερα ζώα, στην ξηρά και στη θάλασσα	213
Φυσικό ή σχεδιασμένο;	237
Ο Δαρβίνος και η φυσική επιλογή	238
Δύο απόψεις για την εξέλιξη	240
Η ερμηνεία του Δαρβίνου	242
Οι σχέσεις των ζώων	243
Ο μαρσιποφόρος λύκος της Τασμανίας	244
Τα πειράματα του Μέντελ	247
Τα κληρονομούμενα χαρακτηριστικά	249
Η παστερίωση	251
Η αυθόρμητη γένεση	253
Η ανακάλυψη της μόλυνσης	253
Τα εμβόλια του Παστέρ	255
Η εκ νέου ανακάλυψη του Μέντελ	316
Τα γονίδια και τα χρωμοσώματα	317
Ο συνδυασμός των χρωμοσωμάτων	318
Ο μηχανισμός των πολλαπλών γεννήσεων	319
Η γενετική και η φυσική επιλογή	320
Το νουκλεϊκό οξύ	321

Η σπουδαιότητα του DNA	322
Ο Λάινους Κ. Πόλινγκ	331
Η δομή του DNA	333
Η ακτινοσκοπική κρυσταλλογραφία	334
Η διπλή έλικα	338
Το προσδόκιμο ζωής	343
Τα κοινά μας γονίδια	344
Η ιστορία των ανθρωποειδών	346
Η πολιτισμική χρονική κλίμακα	348
Γονίδια και γονιδιώματα	349
Το ανθρώπινο γονιδίωμα	350
Ένα μικρό ανθρωποειδές	351
Ο ρυθμός της εξέλιξης	354
Οι μαζικές εξαφανίσεις	355
Το ταχυδρομικό περιστέρι	355
Η καταστροφή του περιβάλλοντος	356
Μακρινοί εξωγήινοι	359



ΜΑΖΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η μάζα και το βάρος	105
Τα χρώματα του φωτός	108
Το ουράνιο τόξο	110
Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα	111
Πώς βλέπουμε το χρώμα	111
Τα διάφορα είδη φωτός	112
Η ταχύτητα του φωτός	114
Είδη ορμής	123
Το φως και ο ήχος	173

Η μεταβαλλόμενη ταχύτητα του φωτός και του ήχου	174
Η γαλβανική στήλη	184
Ο Φράουνχοφερ και οι γραμμές του	195
Τα πειράματα του Κίρχοφ	198
Πώς ανακαλύφθηκε το αέριο ήλιον	200
Ηλεκτρισμός και μαγνητισμός	204
Τα πεδία δυνάμεων	206
Θερμότητα σημαίνει κίνηση	215
Οι εξισώσεις του Μάξγουελ	216
Η ακτινοβολία των μακρών κυμάτων	217
Πού οφείλεται το μπλε χρώμα του ουρανού	228
Η ανακάλυψη των ακτίνων X	259
Η ανακάλυψη του Μπεκερέλ	261
Το φαινόμενο Ντόπλερ	294
Τα σημαντικά έγγραφα του Αϊνστάιν	299
Η περίφημη εξίσωση	302
Η γενική θεωρία του Αϊνστάιν	305
Ο Ήλιος και η ενέργειά του	313
Η μετατροπή του υδρογόνου σε ήλιον	315
Η σχάση του ατόμου	323
Η ατομική βόμβα	325
Ο πρώτος πυρηνικός αντιδραστήρας	328
Ο πυρηνικός πόλεμος	329
Η κούρσα των πυρηνικών εξοπλισμών	330



Η ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΓΛΗΣ

Ο Νεύτωνας και η εποχή του	130
Η αλχημεία και η χημεία	131

Τα χημικά στοιχεία	133
Ανακαλύπτοντας τα στοιχεία	134
Η αόρατη χημεία	136
Ο κίνδυνος των λανθασμένων υποθέσεων	137
Το φλογιστόν: το στοιχείο που δεν υπήρξε ποτέ	138
Ο Τζόζεφ Πρίστλι	144
Η συμβολή του Λαβουαζιέ	148
Ο Ντάλτον και το άτομο	181
Η ηλεκτροχημεία	185
Ο Μπερσέλιους και τα χημικά σύμβολα	192
Οι χημικοί τύποι	195
Η διάταξη των στοιχείων	218
Ο Φράνκλαντ και ο Κανιτζάρο	219
Το εγχειρίδιο του Μεντελέγεφ	221
Το όνειρο του Μεντελέγεφ	222
Ο περιοδικός πίνακας	223
Η φυσική πίσω από τη χημεία	225
Η ανακάλυψη του ηλεκτρονίου	266
Τα πρωτόνια και τα νετρόνια	268
Βελτιώνοντας το έργο του Μεντελέγεφ	270



ΚΑΙΝΟΤΟΜΟΙ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

Θαλής ο Μιλήσιος	21
Ο Πυθαγόρας και οι παράξενες ιδέες του	22
Ο Αριστοτέλης	24
Ο Πυθέας ο Εξερευνητής	26
Ο Αρχιμήδης ο Συρακούσιος	33
Γιατί επιπλέουν τα σιδερένια πλοία	35

Οι λανθασμένοι υπολογισμοί του Κολόμβου	53
Ο πολιτισμός της αρχαίας Κίνας	53
Ένας μεγάλος Κινέζος επιστήμονας	54
Η μουσουλμανική επιστήμη	57
Ανακαλύψεις στη Βαγδάτη	58
Το έργο του Κοπέρνικου	61
Τα πειράματα του Γαλιλαίου	82
Ο Γαλιλαίος και ο Πάπας	85
Ο αστρονόμος Τίχο Μπράχε.....	86
Ο Κέπλερ και οι νόμοι του	89
Η κυκλοφορία του αίματος	92
Η καρδιά και η λειτουργία της	95
Η άποψη του Νεύτωνα για τη βαρύτητα	98
Το έργο Αρχές του Νεύτωνα	102
Ο Νεύτωνα και το πορτάκι της γάτας	104
Ο κομήτης του Έντμουντ Χάλει	105
Ο Χόιχενς και το εκκρεμές	123
Ο Χόιχενς και ο Νεύτωνα	126
Τα πειράματα του Μπόιλ	132
Βενιαμίν Φραγκλίνος, ο επιστήμονας	140
Η φύση της αστραπής	141
Ο Αντουάν Λαβουαζιέ	142
Μετρώντας το γεωγραφικό μήκος	149
Ο Τζον Γκούντραϊκ	171
Ο Χάμφρι Ντέιβι	186
Ο Μάικλ Φάραντεϊ	201
Ο Φάραντεϊ και η ηλεκτρόλυση	203
Οι χριστουγεννιάτικες διαλέξεις	206
Φάραντεϊ, ο άνθρωπος των σόου	208
Ο Τζέιμς Κλερκ Μάξγουελ	214
Ο Άλφρεντ Ράσελ Ουάλας	245
Ο Πιερ και η Μαρία Κιουρί	262

Όρνεστ Ράδερφορντ	267
Ο Μεντελέεφ στο Λονδίνο	272



Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΣΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ

Τι κάνει πιθανή την επιστήμη	73
Επιστήμη και τεχνολογία	75
Η επανάσταση της τυπογραφίας	77
Αλφάβητο και κινητά τυπογραφικά στοιχεία	78
Η αγορά των βιβλίων	79
Τα μικροσκόπια και τα τηλεσκόπια	81
Η Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου	96
Το πλήγμα της κακής επιστήμης	357
Αλλαγές μοντέλου	360



ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Μέτρηση ανά εξήντα	21
Ο φυσικός χρόνος	44
Ο τεχνητός χρόνος	45
Ημέρες και έτη	47
Ο υπολογισμός του π	56
Το αραβικό σύστημα αρίθμησης	60
Το Γρηγοριανό Ημερολόγιο	166
Η αλλαγή του ημερολογίου	168

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ

Πολύ μικροί και πολύ μεγάλοι αριθμοί	365
Η μέτρηση της θερμοκρασίας	366
Μερικά διεθνή πρότυπα	369

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ

Χρονολόγιο αστρονομίας	372
Χρονολόγιο βιολογίας	374
Χρονολόγιο χημείας	376
Χρονολόγιο επιστημών της Γης	378
Χρονολόγιο φυσικής	380
Χρονολόγιο επιστημονικής τεχνολογίας	382
Περαιτέρω μελέτη	384
Ευρετήριο ονομάτων	385

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πολλοί είναι αυτοί που βοήθησαν στη συγγραφή του παρόντος βιβλίου. Πιο πολύ υποχρεωμένος όμως είμαι στον Τζιμ Χάνεϊμποουν, ο οποίος όχι μόνο διάβασε και την τελευταία λέξη από όσες θα δείτε τυπωμένες, αλλά και πολλές άλλες που δε γλίτωσαν από τον καιρίο και εξονυχιστικό έλεγχο του. Οι Ντέμπορα και Σου Έιντον, Μάικ Φένερ και Τζιν Χάνεϊμποουν διάβασαν τμήματα του κειμένου και με ώθησαν να σκεφτώ πολύ αυτό που προσπαθούσα να επιτύχω. Η Τζιν Μπάτον, βιβλιοθηκάριος της Σχολής Γουόρινερ στο Μπλόξαμ, μου έκανε πολλές χρήσιμες επισημάνσεις. Νιώθω ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη στη σύζυγό μου, την Τζόις, για την προσωπική της υποστήριξη και την τεχνική εμπειρία της και τα δύο έπαιξαν βασικό ρόλο στη συγγραφή του βιβλίου. Μεταξύ εκείνων που δεν έχω γνωρίσει προσωπικά νιώθω μεγάλη υποχρέωση στον Ισαάκ Ασίμοφ, του οποίου το έργο *Biographical Encyclopedia of Science and Technology* διευκόλυνε πολύ το έργο της συγγραφής.

Αυτή είναι η δεύτερη «επίσκεψή» μου στα χωράφια της

επιστήμης για το ευρύτερο κοινό. Η πρώτη, η βιογραφία που έγραψα για τον Κάρολο Δαρβίνο, εκδόθηκε χάρη στην πίστη και την υποστήριξη της επιμελήτριά μου στην Constable & Robinson, της Κάρολ Ο'Μπράιεν. Αποκλείεται να υπάρξει συγγραφέας με πιο ικανό και πιο ενθαρρυντικό επιμελητή· θεωρώ ότι είμαι τυχερός που μου δόθηκε η ευκαιρία να ακούσω τις συμβουλές της στη διάρκεια της συγγραφής και του παρόντος βιβλίου. Η τελευταία πράξη ευγένειας προτού αποσυρθεί από το συγκεκριμένο έργο ήταν να με «παραδώσει» στα έμπειρα χέρια της Έλεν Άρμιτατζ, η οποία ανέλαβε την εποπτεία της παραγωγής του βιβλίου. Το καθήκον της διασφάλισης της ποιότητας του τελικού κειμένου ανάλαβαν οι Κλόντια Ντάιερ και Πενέλοπε Άιζακ. Τους χρωστώ ευγνωμοσύνη για τις πολλές χρήσιμες προτάσεις τους.

✱

Η ΔΙΚΗ ΜΟΥ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΕΡΓΕΙΑ

Όταν ήμουν μικρός, όποτε δεν μπορούσα να βγω έξω να παίξω επειδή έβρεχε, πήγαινα στο καθιστικό του σπιτιού μας και άφηνα τον εαυτό μου να περιπλανηθεί στον κόσμο ενός βιβλίου. Τα περισσότερα βιβλία που υπήρχαν εκεί ήταν περιπέτειας ή αστυνομικά, που βρίσκονταν στα ράφια της βιβλιοθήκης μας επειδή δεν είχαν επιστραφεί στις βιβλιοθήκες της περιοχής. Ωστόσο ανάμεσά τους υπήρχαν και πολλοί τόμοι του *Harmsworth's Self-Educator*, ενός εγχειριδίου για αυτοδιδάκτους επιστήμονες που κυκλοφορούσε σε εβδομαδιαία τεύχη· χάρη σε ένα φιλόδοξο θείο μου, στη βιβλιοθήκη μας είχαν μαζευτεί τόμοι περίπου επτά χρόνων. Ανάμεσα στα διάφορα άρθρα που εξηγούσαν τα μυστήρια της καρποφορίας των δέντρων, τα μυστικά της ραπτικής τέχνης και των διπλών λογιστικών εγγραφών, υπήρχαν και κάποια που αφορούσαν την αστρονομία, τη γεωλογία και τη φυσική ιστορία. Όταν τα ανακάλυψα εγώ ήταν ήδη παλιά. Και οι γνώσεις που περιείχαν ήταν αναμφισβήτητα ξεπερασμένες. Όμως για ένα μικρό παιδί που ερχόταν για πρώτη φορά σε επαφή με τέτοια

θέματα ήταν σαν να ανακάλυπτε το μαγικό λυχνάρι του Αλατίν. Επίσης ήταν η αρχή μιας διά βίου έλξης προς την ιστορία της επιστήμης. Βλέποντας τώρα τα πράγματα από μια χρονική απόσταση συνειδητοποιώ ότι κανένας από τους απελπισμένους δασκάλους μου δεν είχε ιδέα για τον μυστικό θησαυρό γνώσεων που δεν είχα αποκτήσει από το σχολείο, αλλά ούτε είχα σκεφτεί καν να τους τον αναφέρω.

Οι μετέπειτα σπουδές μου δεν ανήκουν στο χώρο της επιστήμης, αλλά παρ' όλα αυτά η έλξη που ένιωθα προς την ιστορία της επιστήμης δεν έσβησε ποτέ. Και η ικανοποίηση που μου έδωσε ήταν τεράστια. Το βιβλίο αυτό επιχειρεί να ανταποδώσει κάτι, μέσα από την αφήγηση μερικών από τις πιο ενδιαφέρουσες ιστορίες. Επίσης το επιχειρεί μεταδίδοντας ορισμένα από τα εντυπωσιακά δεδομένα που αποκάλυψαν οι επιστήμονες σχετικά με την ιστορία μας και για το σύμπαν στο οποίο κατοικούμε.

Το βιβλίο μπορείτε να το διαβάσετε με τη σειρά και να το δείτε ως μια εισαγωγή σε δύο χιλιετίες επιστημονικών ανακαλύψεων. Ωστόσο, οι αναγνώστες που προτιμούν να διαβάζουν κομμάτι κομμάτι, ελπίζω ότι θα βρουν κάτι ενδιαφέρον σε όποια σελίδα και αν το ανοίξουν.

Το βιβλίο δεν απαιτεί προγενέστερη επιστημονική κατάρτιση ή τη γνώση μαθηματικών. Άλλωστε σε ολόκληρο το βιβλίο υπάρχει μόνο ένας μαθηματικός τύπος: η εξίσωση του Αϊνστάιν – $E = mc^2$. Αν την παρέλειπα, δε θα ήταν βιβλίο με θέμα την ιστορία της επιστήμης.

ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΑ ΕΞΗΝΤΑ Ο μόνος λόγος για τον οποίο μετράμε κατά δεκάδες είναι ότι έχουμε δέκα δάχτυλα. Πέρα από αυτό, το 10 δεν έχει τίποτα το ιδιαίτερο. Οι ψηφιακοί υπολογιστές μετρούν κατά δυάδες, επειδή αυτό εξυπηρετεί τον τρόπο λειτουργίας τους. Πριν από τέσσερις χιλιάδες χρόνια οι Βαβυλώνιοι μετρούσαν κατά εξητάδες. Τον αριθμό 150 εκείνοι τον έγραφαν II<<< (δύο εξητάδες και τρεις δεκάδες).

Ως βάση υπολογισμού το 60 είναι πολύ βολικό. Ο αριθμός διαιρείται με το 2, το 3, το 4 και το 5. (Είναι ο μόνος αριθμός κάτω του 120 με τον οποίο συμβαίνει αυτό.) Αυτό τον καθιστά βολικό για τη μέτρηση πραγμάτων που θέλουμε να διαιρέσουμε σε μικρότερα μέρη. Οι Βαβυλώνιοι δε μετρούσαν την ώρα όπως εμείς. Από αυτούς όμως πήραμε την ώρα των 60 λεπτών και το λεπτό των 60 δευτερολέπτων. Σε αυτούς οφείλεται η υποδιαίρεση του κύκλου σε 360 μοίρες (6 x 60) και της μοίρας σε 60 λεπτά.

Το μειονέκτημα της μέτρησης κατά εξητάδες, σε σχέση με τις δεκάδες, είναι η δυσκολία της απομνημόνευσης. Είναι πολύ εύκολο να αποστηθίσει κάποιος την προπαίδεια από το 1 ως το 10. Κάτι ανάλογο με το 60 θα ήταν δύσκολο. Οι Βαβυλώνιοι ξεπέρασαν αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιώντας γραπτούς πίνακες, αλλά έτσι καθυστερούσαν αρκετά τους αριθμητικούς υπολογισμούς τους.

ΘΑΛΗΣ Ο ΜΙΛΗΣΙΟΣ Η επιστήμη της Δύσης γεννήθηκε στην αρχαία Ελλάδα και στις ελληνόφωνες πόλεις της λεκάνης της Μεσογείου. Οι Έλληνες θεωρούσαν ότι η επιστήμη σε αυτούς ξεκίνησε με τον φιλόσοφο Θαλή. Ο Θαλής γεννήθηκε το 624 π.Χ. στη Μίλητο, στη Μικρά Ασία, και

πέθανε το 546 π.Χ. Είναι δύσκολο να πούμε πόσα από τα επιτεύγματα που του αποδίδουν προέρχονται όντως από κάποια δική του ιδέα και πόσα οφείλονταν στις γνώσεις που απέκτησε ταξιδεύοντας στην Αίγυπτο και τη Μεσοποταμία. Πάντως όταν οι σύγχρονοί του κατάρτισαν τον κατάλογο με τους Επτά Σοφούς έβαλαν τον Θαλή στην πρώτη θέση.

Τα ενδιαφέροντά του ήταν πολλά και ποικίλα. Ήταν ο πρώτος που έκανε μια σοβαρή μελέτη γύρω από το μαγνητισμό. Το σημαντικότερο ήταν ότι αυτός έβαλε τα θεμέλια του ελληνικού συστήματος των επαγωγικών μαθηματικών που κορυφώθηκε δύο αιώνες αργότερα με το έργο του Ευκλείδη. Ο φιλόσοφος Αριστοτέλης, ο οποίος έζησε πολύ αργότερα, διηγείται δύο ιστορίες για τον Θαλή που, και αν δεν είναι αληθινές, τους αξίζει να είναι. Απαντώντας στο γνωστό παλιό πείραγμα «αν είσαι τόσο έξυπνος, γιατί δεν είσαι πλούσιος;» ο Θαλής ο Μιλήσιος ήρθε σε συμφωνία να νοικιάσει ένα μεγάλο αριθμό από πρέσες ελαιοτριβείου με χαμηλό μίσθωμα σε μια εποχή όπου, σύμφωνα με τους υπολογισμούς του για τον καιρό, θα ακολουθούσε πλούσια σοδειά. Πράγματι έτσι έγινε και κέρδισε πολλά παραχωρώντας σε τρίτους έναντι ενοικίου τις πρέσες. Επίσης λέγεται –και αυτό θα έπρεπε ίσως να αναφέρεται σε κάθε σεμινάριο Διοίκησης Επιχειρήσεων– ότι έπεσε σε κάποιο λάκκο ενώ κοίταζε τα αστέρια.

Ο ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΞΕΝΕΣ ΙΔΕΕΣ ΤΟΥ Ο Πυθαγόρας, ο οποίος ήταν μικρότερος από τον σύγχρόνό του, τον Θαλή, γεννήθηκε γύρω στο 560 π.Χ. στη Σάμο, κοντά δηλαδή στη γενέτειρα του Θαλή. Σήμερα ο κόσμος τον θυμάται πιο πολύ για το θεώρημά του σχετικά με τις τρεις

πλευρές του ορθογώνιου τριγώνου. Όμως για εκατοντάδες χρόνια μετά το θάνατό του η διδασκαλία του ήταν αυτό που επηρέαζε κατεξοχήν τους μαθηματικούς, τους επιστήμονες και τους ηθικούς φιλοσόφους. Πολλοί ευφυείς άνθρωποι αποκτούσαν παράξενες προλήψεις ενώ ανέπτυσαν ευφυείς ιδέες, αλλά μερικές ιδέες του Πυθαγόρα αντικρούονταν δύσκολα, επειδή απλούστατα ήταν τόσο παλαβές. Ο Πυθαγόρας είχε απαγορεύσει στους μαθητές του να τρώνε φασόλια με το εξής αιτιολογικό: το φασόλι, όταν μείνει επί σαράντα ημέρες μέσα στο έδαφος και σκεπαστεί με κοπριά, παίρνει μορφή ανθρώπου. Ο Πυθαγόρας πίστευε στη μετεμψύχωση, και συνεπώς, κατ' αυτόν, η ψυχή ενός ανθρώπου θα μπορούσε στην προηγούμενη ζωή του να βρίσκεται μέσα στο σώμα μιας μέδουσας.

Παρ' όλα αυτά, αν οι υποθέσεις του Πυθαγόρα οδήγησαν τους μαθητές του σε έναν κυκεώνα προλήψεων, οι ανακαλύψεις του στα μαθηματικά και στην αστρονομία έκαναν τους μετέπειτα επιστήμονες να του χρωστούν πάρα πολλά. Ο Πυθαγόρας ήταν εκείνος που οργάνωσε τα μαθηματικά σε ένα ενιαίο λογικό σύστημα, αντί για ένα σύνολο κανόνων για ειδικές περιπτώσεις. Αυτός επίσης θεωρείται ο πρώτος που διατύπωσε την υπόθεση για το σφαιρικό σχήμα της Γης. Ούτε οι Βαβυλώνιοι, ούτε οι Αιγύπτιοι, ούτε οι πρώτοι Έλληνες γνώριζαν το πραγματικό σχήμα της Γης. Ο Όμηρος τη θεωρούσε έναν κυρτό δίσκο τον οποίο περιέβαλλε ένας ποταμός. Μερικοί σύγχρονοί του πίστευαν ότι ήταν σαν δίσκος που τον στήριζαν τέσσερις ελέφαντες, οι οποίοι πατούσαν πάνω σε μια χελώνα. Ανεξάρτητα αν ο Πυθαγόρας ήταν ή δεν ήταν πραγματικά ο πρώτος που έμαθε την αλήθεια, ήταν εκείνος που εισήγαγε στην αστρονομία την εικόνα μιας σφαίρας που αιω-

ρούνταν στο Διάστημα και η οποία αποτέλεσε τη βάση της μελλοντικής προόδου στην επιστήμη.

Ένα από τα πλέον αξιοσημείωτα επιτεύγματα της Σχολής του ήταν η ανακάλυψη της μαθηματικής βάσης του μουσικού τόνου. Πολλοί πρέπει να είχαν παρατηρήσει ότι μια μικρή χορδή απέδιδε υψηλότερη νότα από μια μεγάλη χορδή. Ωστόσο, ο Πυθαγόρας ήταν εκείνος που ανακάλυψε τη μαθηματική σχέση ανάμεσα στο μήκος της χορδής και την παραγόμενη νότα. Συνεπώς, όταν το μήκος της χορδής διπλασιαζόταν, ο ήχος μειωνόταν κατά μία οκτάβα. Αν το πηλίκο –δηλαδή ο λόγος– των μηκών ήταν τρία προς δύο, η διαφορά στον τόνο ήταν ένα πέμπτο και ούτω καθεξής.

Ο ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ Ένα πρόβλημα που υπάρχει με τους πραγματικά σπουδαιούς στοχαστές είναι ότι οι απόψεις τους ενδέχεται να εδραιωθούν τόσο στο μυαλό των ανθρώπων για πολύ καιρό μετά το θάνατό τους, ώστε να παρεμποδίζουν κάθε νέο τρόπο σκέψης. Αυτό συνέβη στην περίπτωση του Αριστοτέλη. Μέχρι και δύο χιλιάδες χρόνια μετά το θάνατό του, οι διάφοροι λόγιοι συνέχιζαν την πάγια τακτική να διευθετούν τις λογομαχίες τους θέτοντας το ερώτημα: «Τι είπε ο Αριστοτέλης;»

Ο Αριστοτέλης γεννήθηκε στη βόρεια Ελλάδα το 384 π.Χ. και ήταν γιος του γιατρού που υπηρετούσε στην Αυλή του βασιλιά της Μακεδονίας Αμύντα. Στο διάστημα από 17 μέχρι 37 χρόνων έζησε στην Αθήνα, όπου ήταν μέλος της Ακαδημίας και ο καλύτερος μαθητής του Πλάτωνα. Μετά το θάνατο του Πλάτωνα ο Αριστοτέλης ταξίδεψε για δώδεκα χρόνια. Το 342 π.Χ., σε ηλικία 42 χρόνων, κλήθηκε από τον Φίλιππο Β΄, το διάδοχο του Αμύντα, να αναλάβει τη διδασκαλία

του 14χρονου γιου του, του μελλοντικού Μεγάλου Αλεξάνδρου. Έξι χρόνια αργότερα ο Φίλιππος δολοφονήθηκε και στο θρόνο τον διαδέχτηκε ο Αλέξανδρος, ο οποίος έβαλε στόχο του να κατακτήσει τον κόσμο. Ο Αριστοτέλης επέστρεψε στην Αθήνα όπου και ίδρυσε μια δική του σχολή, το Λύκειο.

Ο Αριστοτέλης ασχολήθηκε με ολόκληρη την ανθρώπινη εμπειρία, συμπεριλαμβανομένης της επιστήμης, της λογικής, της ηθικής, της πολιτικής, ακόμα και της κριτικής των λογίων. Τις πιο σπουδαίες ανακαλύψεις τις έκανε στον τομέα της φυσικής ιστορίας. Ήταν ένας από τους μεγαλύτερους βιολόγους όλων των εποχών. Η ταξινόμηση των σπονδυλωτών –δηλαδή των ζώων που δε διαθέτουν σπονδυλική στήλη– ήταν ανώτερη εκείνης του Λινναίου, που έγινε δύο χιλιάδες χρόνια μετά. Εξέτασε αναλυτικά 500 είδη ζώων. Και κατά έναν εντυπωσιακό για τα δεδομένα της εποχής του τρόπο –οι Έλληνες ευγενείς δεν ασχολούνταν συνήθως με χειρωνακτική εργασία– μελέτησε την ανατομία 50 εξ αυτών. Έκανε μια ιεράρχηση των μορφών ζωής, ακολουθώντας την ιδέα της «αλυσίδας της ύπαρξης», από τις κατώτερες προς τις ανώτερες μορφές. Ωστόσο αυτό δεν τον οδήγησε να υποστηρίξει τις θεωρίες της εξέλιξης που ασπάζονταν μερικοί σύγχρονοί του. Γι' αυτόν η ουσία των έμψυχων και των άψυχων κόσμων ήταν η αμετάβλητη τελειότητά τους.

Ένας τομέας στον οποίο ο Αριστοτέλης είχε μια ατυχή επιρροή στις μετέπειτα γενιές ήταν η κοσμολογία. Ο Αριστοτέλης ήταν αυτός που εισήγαγε την ιδέα ενός συνόλου ομόκεντρων ουράνιων σφαιρών που περιστρέφονταν γύρω από μια ακίνητη Γη, στο κέντρο, ενώ ο Ήλιος, η Σελήνη και όλοι οι πλανήτες βρίσκονταν σε σταθερή θέση σε σχέση με αυτήν.

Από αυτή την υπόθεση τελικά δύσκολα απέδρασε η επιστήμη, ενώ αποτέλεσε εμπόδιο σε κάθε νέο συλλογισμό σχετικά με τη φύση του κόσμου επί εκατοντάδες χρόνια μετά το θάνατο του Αριστοτέλη. Ακόμα κι όταν ο Νικόλαος Κοπέρνικος δημοσίευσε το μοντέλο του για ένα σύμπαν στο οποίο ο Ήλιος, και όχι η Γη, ήταν το κέντρο, οι πλανήτες και τα αστέρια συνέχιζαν να είναι προσηλωμένα στις αριστοτελικές σφαίρες. Όμως θα μπορούσαμε να υποστηρίξουμε τον Αριστοτέλη στο εξής: αυτό ήταν ένα πρόβλημα που οφειλόταν πιο πολύ σε όσους τον ακολούθησαν και στη λανθασμένη ερμηνεία των διδασκαλιών του, παρά σε εκείνον τον ίδιο.

Παρόλο που ο Αριστοτέλης ήταν σπουδαίος φυσιοδίφης, θα μπορούσε να αποδειχθεί και ένας καθοδηγητής που κάνει λάθη, όπως θα ανακάλυπταν οι μετέπειτα γενιές. Μία από τις πολλές εξαγγελίες του τις οποίες υποστήριζε με απόλυτη βεβαιότητα ήταν ότι οι γυναίκες διέθεταν λιγότερα δόντια από τους άντρες. Ποτέ δε θα μάθουμε αν αυτό το λάθος του προέκυψε επειδή μέτρησε τα δόντια της συζύγου του ή επειδή απλούστατα δεν κατάφερε να τα μετρήσει.

Ο ΠΥΘΕΑΣ Ο ΕΞΕΡΕΥΝΗΤΗΣ Ο Πυθέας έζησε στη Μασσαλία γύρω στο 300 π.Χ. Την εποχή εκείνη υπήρχαν πολλές ελληνικές αποικίες στις ακτές της Μεσογείου, και η Μασσαλία ήταν η δυτικότερη απ' όλες. Ο Πυθέας ήταν ένας ακούραστος ταξιδευτής και οι μετέπειτα γεωγράφοι στηρίχτηκαν ιδιαίτερα στο έργο του. Όμως οι περιγραφές του γύρω από απομακρυσμένες χώρες φαίνονταν πολύ τραβηγμένες για τον κόσμο εκείνης της εποχής, που γνώριζε μόνο τη Μεσόγειο, και έτσι τον απέρριπταν ως φαντασιόπληκτο. Δυστυχώς, από το πιο διάσημο σύγγραμμά του, με τίτλο *Τα περί*

του Ωκεανού, δε διασώθηκαν παρά ελάχιστα αποσπάσματα, και βασιζόμαστε σε μαρτυρίες τρίτων για να γνωρίσουμε τις περιγραφές και τις ιδέες του.

Στο πιο τολμηρό ταξίδι του ο Πυθέας εξερεύνησε τις ακτές της βορειοδυτικής Ευρώπης. Επισκέφθηκε τη Βρετανία, από όπου επέστρεψε με περιγραφές για ποτά που φτιάχνονταν από σιτηρά και μέλι, και μία χώρα την οποία ονόμαζε Θούλη και μπορεί να ήταν η Νορβηγία. Επειδή δεν μπορούσε να ταξιδέψει βορειότερα λόγω ομίχλης, αποφάσισε να εξερευνησει τη Βαλτική μέχρι τις εκβολές του ποταμού Βιστούλα. Μία από τις περιγραφές του που έγινε αιτία για να αντιμετωπιστεί με έντονη δυσπιστία ήταν εκείνη μιας θάλασσας στο Βορρά που τα νερά της ήταν ακίνητα λόγω «ενός μείγματος αέρα, ξηράς και νερού». Όποιος όμως γνωρίζει πώς είναι ο πάγος, δε βρίσκει την περιγραφή αυτή υπερβολική.

Ο Πυθέας δεν ήταν απλώς ένας εξερευνητής, αλλά και ένας αληθινός επιστήμονας. Το πιο αξιοσημείωτο επίτευγμά του ήταν η εξήγηση του φαινομένου της παλίρροιας, ενός φαινομένου σχεδόν άγνωστου σε αυτούς που ζούσαν εκείνη την εποχή γύρω από τη Μεσόγειο, όπου δεν υπήρχαν σχεδόν καθόλου παλίρροιας. Ο Πυθέας απέδωσε την παλίρροια σε μια έλξη που προερχόταν από τη Σελήνη, μια άποψη που ενίσχυσε την εικόνα του ως φαντασιόπληκτου ατόμου. Ο κόσμος όμως έπρεπε να περιμένει μέχρι να κυκλοφορήσει το έργο *Αρχές του Αϊζακ Νιούτον* –εξελληνισμένο Ισαάκ Νεύτωνα– (1687) όπου δινόταν η απόδειξη πως, ως προς το συγκεκριμένο θέμα τουλάχιστον, ο Πυθέας είχε απόλυτο δίκιο.

Η ΣΕΛΗΝΗ ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ Η Σελήνη δεν είναι η μόνη που επηρεάζει τις παλίρροιας. Κάποιο ρόλο παίζει και

ο Ήλιος. Όμως η δύναμη της Σελήνης να προκαλεί παλίρροιας είναι διπλάσια από εκείνη του Ήλιου. Με δεδομένο το πόσο μεγαλύτερος είναι ο Ήλιος από τη Σελήνη, αυτό φαίνεται παράξενο. Εντούτοις, οι παλίρροιας προκαλούνται από τον διαφορετικό αντίκτυπο της βαρύτητας πάνω στο σώμα της Γης και στα επιφανειακά ύδατά της. Επειδή η Σελήνη βρίσκεται πολύ κοντά στη Γη, η διαφορά ανάμεσα στην έλξη που ασκεί πάνω στο στερεό τμήμα της Γης και στις γύρω θάλασσες είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη διαφορά στην περίπτωση του Ήλιου.

Υπάρχει πάντα μια παλίρροια στην πλευρά της Γης που βρίσκεται πιο κοντά στη Σελήνη, και μία άλλη στην αντίθετη πλευρά. Αυτός είναι ο λόγος που οι περισσότερες περιοχές έχουν δύο φορές την ημέρα παλίρροια. Θα έλεγε κανείς ότι οι παλίρροιας σαρώνουν ολόκληρη την υδρόγειο· αυτό που συμβαίνει όμως στην πραγματικότητα είναι ότι η Γη περιστρέφεται κάτω από τις παλίρροιας.

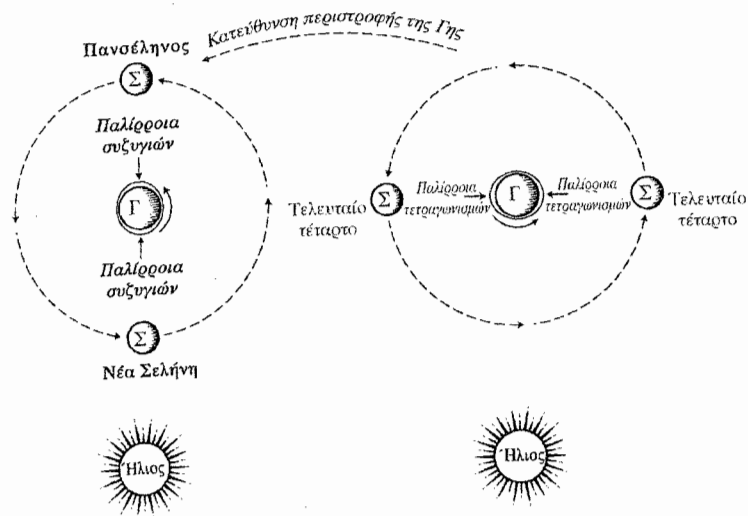
Η Σελήνη ολοκληρώνει μία πλήρη περιφορά γύρω από τη Γη κάθε τέσσερις εβδομάδες. Σε πολλά μέρη το φαινόμενο της πιο έντονης παλίρροιας («παλίρροια συζυγιών») παρατηρείται μία φορά κάθε δεκαπέντε ημέρες, κατά τη Νέα Σελήνη και την Πανσέληνο, επειδή ο Ήλιος, η Σελήνη και η Γη βρίσκονται τότε, λίγο-πολύ, σε μια ευθεία γραμμή, και οι δύο δυνάμεις που προκαλούν την παλίρροια ασκούνται προς την ίδια κατεύθυνση. Πιο ήπιες μορφές παλίρροιας («παλίρροια τετραγωνισμών») παρατηρούνται κάπου ανάμεσα σε αυτές τις περιόδους –στο πρώτο και στο τελευταίο τέταρτο της Σελήνης–, όταν η βαρυτική δύναμη της Σελήνης ασκείται σε διεύθυνση κάθετη προς εκείνη που ασκεί ο Ήλιος.

Η Σελήνη δεν προκαλεί παλίρροιας μόνο στη θάλασσα

– είναι επίσης υπεύθυνη για παλίρροιας που σημειώνονται στην ατμόσφαιρα καθώς και στο εσωτερικό της Γης. Οι ατμοσφαιρικές παλίρροιας έχουν ανεπαίσθητο αντίκτυπο στον καιρό, καθώς υπερκαλύπτονται από άλλους, σημαντικότερους παράγοντες. Οι παλίρροιας που σηκώνονται μέσα στο όχι και τόσο στερεό εσωτερικό της Γης (οι λεγόμενες «γήινες παλίρροιας») έχουν ύψος περίπου 25 εκατοστών.

Η συχνότητα και η ένταση της θαλάσσιας παλίρροιας εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της γειτονικής περιοχής. Στο λιμάνι του Σαουθάμπτον στη Βρετανία παρατηρούνται τέσσερις παλίρροιας την ημέρα. Η πιο έντονη παλίρροια –με ύψος 15 μέτρων– παρατηρείται στον κόλπο Φάντι, λίγο έξω από τη Νέα Σκοτία. Αντίθετα, η διαφορά ανάμεσα στις έντονες και τις ήπιες παλίρροιας στην περιοχή της Μεσογείου, και γύρω από μερικά νησιά του Ειρηνικού, φτάνουν το πολύ το μισό μέτρο σε ύψος.

Ο ΓΕΙΤΟΝΑΣ ΜΑΣ, Η ΣΕΛΗΝΗ Η Σελήνη είναι ο πλησιέστερος γείτονας μας. Συγκριτικά με τον Ήλιο ή οποιονδήποτε άλλο πλανήτη βρίσκεται πολύ κοντά. Ο Ήλιος απέχει από τη Γη 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα, αλλά η μέση απόσταση της Σελήνης είναι μόλις 385.000 χιλιόμετρα. Επειδή η τροχιά της Σελήνης γύρω από τη Γη είναι ελλειπτική, και όχι κυκλική, η πραγματική απόσταση κυμαίνεται μεταξύ των 350.000 και των 400.000 χιλιομέτρων. Η διάμετρος της Σελήνης είναι μόλις το ένα τέταρτο της διαμέτρου της Γης: 3.500 χιλιόμετρα, συγκριτικά με τα 12.700 χιλιόμετρα της Γης. Είναι ένας γιγάντιος καθρέφτης ο οποίος οφείλει τη φωτεινότητά του στο ηλιακό φως που αντανακλάται από τα επιφανειακά της πετρώματα. Εντούτοις, δεν είναι πάρα πολύ καλός καθρέ-



Εικόνα 1. Η Σελήνη και οι παλίρροιες

Έχουμε Νέα Σελήνη και Πανσέληνο όταν η Γη, ο Ήλιος και η Σελήνη βρίσκονται σε μια ευθεία. Οι παλίρροιες δεν έχουν τόσο μεγάλο ύψος στο πρώτο και το τελευταίο τέταρτο, επειδή η έλξη του Ήλιου πάνω στη Σελήνη είναι κάθετη προς την έλξη που ασκεί η Σελήνη στον Ήλιο.

φτης. Η ανακλαστική ισχύς της Σελήνης είναι μόλις 7%. Συνεπώς, μόνο το 7% του ηλιακού φωτός που πέφτει στην επιφάνειά της ανακλάται πίσω στο Διάστημα. Ωστόσο, το φως του Ήλιου είναι τόσο έντονο, ώστε, όταν έχουμε Πανσέληνο, το 7% του φωτός του που αντανακλάται σε απόσταση 250.000 μιλίων είναι αρκετό για να φωτίσει το δρόμο κάποιου να επιστρέψει στο σπίτι του.

Η Σελήνη λίγο-πολύ παρουσιάζει την ίδια όψη της στη Γη, επειδή ο χρόνος που χρειάζεται για να κάνει μία πλήρη

περιστροφή γύρω από τον άξονά της -27,5 ημέρες- είναι ο ίδιος με εκείνον που απαιτείται για να περιστραφεί γύρω από τη Γη. Αυτό δεν είναι συμπτωματικό. Είναι αποτέλεσμα εκατομμυρίων ετών βαρυτικής έλξης ανάμεσα στα δύο ουράνια σώματα. Βέβαια η Σελήνη δεν παρουσιάζει πάντοτε την ίδια όψη της στη Γη, επειδή υπόκειται στη *σεληνιακή ταλάντωση*. Ως αποτέλεσμα, το 60% περίπου της επιφάνειας της Σελήνης είναι ορατό από τη Γη στη μία ή την άλλη χρονική στιγμή, ενώ το 40% περίπου είναι μονίμως αθέατο.

Το διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα σε δύο διαδοχικές εμφανίσεις της Νέας Σελήνης είναι 29,5 μέρες και όχι 27,5 επειδή ενώ η Σελήνη περιστρέφεται γύρω από τη Γη, η Γη περιστρέφεται ταυτόχρονα γύρω από τον Ήλιο. Η Σελήνη χρειάζεται άλλες δύο ημέρες για να φτάσει σε ένα σημείο όπου τα τρία ουράνια σώματα θα βρίσκονται για μία ακόμα φορά σε μια ευθεία.

Η ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΓΗΣ Η τριβή ανάμεσα στις παλίρροιες και τον πυθμένα του ωκεανού επιβραδύνει το ρυθμό με τον οποίο η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μεγαλώνει η ημέρα κατά ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου κάθε εκατό χρόνια. Στη φυσική υπάρχει η λεγόμενη «αρχή διατήρησης της στροφορμής», και με βάση αυτήν η Σελήνη πρέπει να απομακρύνεται καθώς η ταχύτητα περιστροφής της Γης μειώνεται. Αυτό όντως συμβαίνει και η απομάκρυνση είναι περίπου 4 εκατοστά κάθε χρόνο.

Αυτή η απομάκρυνση μπορεί να μη θεωρείται μεγάλη, αλλά είναι ένα φαινόμενο που συνεχίζεται εδώ και πάρα πολλά χρόνια. Αυτό σημαίνει ότι η Σελήνη και η Γη κάποτε πρέπει να ήταν πολύ πιο κοντά και να περιστρέφονταν πολύ πιο

γρήγορα. Όμως το κατά πόσο κάποτε αποτελούσαν μια ενιαία μάζα και το κατά πόσον η Σελήνη δημιουργήθηκε ως αποτέλεσμα μιας κοσμικής σύγκρουσης είναι ερωτήματα στα οποία η επιστήμη ακόμα δεν είναι ικανή να δώσει μια κατηγορηματική απάντηση.

ΤΑ ΡΟΛΟΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ Λίγο λίγο τα μικρά ποσά συσσωρευόμενα σχηματίζουν μεγάλους αριθμούς. Ένας αιώνας περιλαμβάνει περισσότερες από 30.000 ημέρες. Έτσι, παρότι κάθε ημέρα είναι μεγαλύτερη κατά ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου από την αντίστοιχη ημέρα πριν από εκατό χρόνια, όλες μαζί οι επιβραδύνσεις ανέρχονται σε 30 δευτερόλεπτα. Αυτό σημαίνει ότι ύστερα από εκατό χρόνια, ένα ρολόι που είναι συγχρονισμένο με τις καθημερινές περιστροφές της Γης θα πηγαίνει 30 δευτερόλεπτα πίσω συγκριτικά με ένα ρολόι που θα μετράει σωστά το χρόνο. Για να αποφευχθεί αυτό, κάθε λίγα χρόνια «προχωράμε» τα παγκόσμια ρολόγια κατά 1 δευτερόλεπτο. Αυτό δε γίνεται αντιληπτό γιατί η αλλαγή πραγματοποιείται στα ρολόγια-σημεία αναφοράς με βάση τα οποία ρυθμίζονται τα άλλα ρολόγια.

Εκτός από αυτή τη μακροπρόθεσμη επιβράδυνση, η ταχύτητα περιστροφής της Γης παρουσιάζει και άλλες ελαφρές διακυμάνσεις, που οφείλονται σε διάφορους βραχυχρόνιους παράγοντες. Η ταχύτητα περιστροφής της Γης εξυπηρετεί μεν ως χρονόμετρο για τις καθημερινές μας δραστηριότητες, η σύγχρονη τεχνολογία ωστόσο απαιτεί περισσότερη ακρίβεια. Έτσι, στις μέρες μας τα ρολόγια του κόσμου ρυθμίζονται με βάση τις κινήσεις στην καρδιά του ατόμου του καισίου, και όχι με βάση την κίνηση της Γης.

Ο ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ Ο ΣΥΡΑΚΟΥΣΙΟΣ Ο Αρχιμήδης ήταν ο μεγαλύτερος επιστήμονας της αρχαιότητας. Μερικοί τον θεωρούν έναν από τους μεγαλύτερους επιστήμονες όλων των εποχών. Γεννήθηκε στις Συρακούσες της Σικελίας το 287 π.Χ. Οι Συρακούσες είχαν ήδη γράψει μια ιστορία πεντακοσίων χρόνων αστικής ζωής. Στην εποχή του Αρχιμήδη ήταν ένα πανίσχυρο, ανεξάρτητο κράτος του οποίου η κυριαρχία εκτεινόταν σε μεγάλο τμήμα της νότιας Ιταλίας.

Ο Αρχιμήδης έχει μείνει στην Ιστορία ως το άτομο που, όπως λέγεται, βγήκε βιαστικά από την μπανιέρα του και άρχισε να τρέχει γυμνός στο δρόμο φωνάζοντας: «Εύρηκα! Εύρηκα!» Αυτό που βρήκε δεν ήταν το σαπούνι, αλλά την αρχή της υδροστατικής: την αρχή που εξηγεί γιατί δε βυθίζονται τα σιδερένια πλοία. Μπορεί πράγματι να συνέλαβε την ιδέα στο μπάνιο του, αλλά δεν υπάρχουν στοιχεία που να υποστηρίζουν την υπόλοιπη ιστορία. Ο Αρχιμήδης ήταν αριστοκράτης –γιος ενός αστρονόμου και ο εξ απορρήτων του τυράννου των Συρακουσών– και θα μπορούσαμε με σιγουριά να υποστηρίξουμε ότι νοιαζόταν περισσότερο για την αξιοπρέπειά του απ’ όσο μας επιτρέπει να εικάσουμε το περιστατικό που παραδίδεται.

Ένα πράγμα που κάνει τον Αρχιμήδη να ξεχωρίζει από τους άλλους επιστήμονες της εποχής του είναι ότι ήταν ευφύεστατος μαθηματικός και προικισμένος μηχανικός. Αυτός έθεσε τα θεμέλια της επιστήμης της μηχανικής, διατυπώνοντας μεταξύ άλλων και τις αρχές που διέπουν τη δράση των μοχλών και των τροχαλιών. Σε πολλές από τις ανακαλύψεις του είναι δύσκολο να πούμε αν η πηγή της επιτυχίας του ήταν η διορατικότητά του ως μαθηματικού ή η έμπνευσή του ως μηχανικού. Και του ταιριάζει η φράση για

την οποία έγινε διάσημος: «Δώσε μου τόπο να σταθώ, και θα κινήσω και τη Γη» («Δος μοι πα στω και ταν γαν κινάσω»). Παρότι οι πάμπολλες μηχανικές εφευρέσεις του υπήρξαν ιδιοφυείς, τους έδινε τόσο λίγη σημασία, ώστε δεν άφησε σχεδόν κανένα γραπτό στοιχείο γι' αυτές. Κατά τη γνώμη του, εκείνο που άξιζε ήταν το μαθηματικό του έργο, και τα γραπτά του τα είχε αφιερώσει στην πρόοδο της μελέτης των μαθηματικών.

Το πλέον σημαντικό έργο του Αρχιμήδη εντοπίζεται στη γεωμετρία. Ανάμεσα στα πολλά προβλήματα που χειρίστηκε με επιτυχία ήταν εκείνα που σχετίζονταν με τον υπολογισμό του εμβαδού των καμπυλόγραμμων σχημάτων. Επίσης, υπολόγισε με ακρίβεια την τιμή του π . Και όταν δεν έφερνε την επανάσταση στη μελέτη της γεωμετρίας, έθετε τα θεμέλια για την ανάπτυξη και περαιτέρω μελέτη της μηχανικής, της στατικής και της υδροστατικής. Μάλιστα έχει υποστηριχθεί ότι αν ο Αρχιμήδης είχε πρόσβαση σε ένα καλύτερο σύστημα αριθμητικών συμβόλων, πιθανόν να είχε εφεύρει τον διαφορικό λογισμό πριν από τον Νεύτωνα.

Ο Αρχιμήδης βρήκε το θάνατο από τα χέρια ενός Ρωμαίου στρατιώτη. Ο άρχοντας των Συρακουσών είχε διακόψει τη συμμαχία με τη Ρώμη και είχε συμμαχήσει με τους Καρχηδόνιους, των οποίων ο στρατηγός, ο Αννίβας, σάρωνε ό,τι έβρισκε μπροστά του. Οι Ρωμαίοι έστειλαν ένα στόλο για να επιτεθεί στην πόλη και έπειτα από μια πολιορκία τριών χρόνων, την οποία οι πολεμικές μηχανές βοήθησαν να παραταθεί χρονικά, την κυρίευσαν. Ο Ρωμαίος στρατηγός Μάρκελλος έτρεφε μεγάλη εκτίμηση για τον Αρχιμήδη και έδωσε εντολή να τον προσαγάγουν ενώπιόν του χωρίς να του κάνουν κακό. Ωστόσο, ο στρατιώτης που τον ανακάλυψε τον βρή-

κε απορροφημένο από ένα μαθηματικό πρόβλημα, έχασε την υπομονή του επειδή άργησε να του απαντήσει και του επιτέθηκε.

Το 1453 –σχεδόν χίλια επτακόσια χρόνια μετά το θάνατό του– όταν μία άλλη πόλη της Μεσογείου, η Κωνσταντινούπολη, έπεσε στα χέρια των Οθωμανών, μια χούφτα Ελλήνων λογίων αναχώρησαν ακτοπλοϊκώς για τη Δύση μεταφέροντας τα μοναδικά διασωθέντα αντίγραφα μερικών από τους θησαυρούς της ελληνικής επιστήμης. Ανάμεσά τους ήταν μερικά από τα γραπτά του Αρχιμήδη. Χάρη σε ένα μικρό θαύμα, έπεσαν στα χέρια ενός Γερμανού αστρονόμου, του Ρεγκιομοντάνους, ο οποίος ξεκίνησε ένα πρόγραμμα μετάφρασης που συνεχίστηκε και μετά το θάνατό του. Σε ένα βαθμό εξαιτίας αυτής της ευτυχούς συγκυρίας διασώθηκαν οι διορατικοί συλλογισμοί του Αρχιμήδη και αποτέλεσαν τα θεμέλια για την επιστημονική επανάσταση που ξεκίνησε τον δέκατο έκτο αιώνα από τον Κοπέρνικο και τον Γαλιλαίο.

ΓΙΑΤΙ ΕΠΙΠΛΕΟΥΝ ΤΑ ΣΙΔΕΡΕΝΙΑ ΠΛΟΙΑ Η αρχή του Αρχιμήδη πρόκειται για έναν επιστημονικό νόμο από τους πιο εύκολους στην κατανόηση. Λέει απλώς ότι τα επιπλέοντα σώματα εκτοπίζουν υγρό ίσο με το βάρος τους. Μια σιδερένια ράβδος βυθίζεται, επειδή ζυγίζει πολύ περισσότερο από τον όγκο του νερού που εκτοπίζει. Ένα σιδερένιο πλοίο επιπλέει, επειδή το βάρος του πλοίου μαζί με το περιεχόμενό του ισούται ακριβώς με το βάρος της ποσότητας νερού που εκτοπίζει. Η ανοδική πίεση (άνωση) του νερού εξισορροπεί την καθοδική έλξη της βαρύτητας.

Η ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ Η αστρονομία ξεκίνησε την πορεία της με την ονομασία των αστέρων και των αστερισμών. Τα ονόματα με τα οποία είναι γνωστοί οι αστερισμοί –Ωρίων, Κασσιόπη κ.ο.κ.– είναι αυτά που τους έδωσαν οι Έλληνες. Παρ’ όλα αυτά, οι Έλληνες ονομάτισαν αστερισμούς τους οποίους είχαν εντοπίσει πολύ νωρίτερα αστρονόμοι που ζούσαν στα εδάφη που βρέχονταν από τους ποταμούς Τίγρη και Ευφράτη, στο σημερινό Ιράκ. Οι Έλληνες εντόπισαν 48 αστερισμούς· δεν μπορούσαν όμως να δουν τον ουρανό του Νότου. Οι σύγχρονοι αστρονόμοι έχουν εντοπίσει 88 αστερισμούς.

Οι αστέρες είναι πραγματικά αντικείμενα, αλλά οι αστερισμοί υπάρχουν μόνο στο μυαλό των ανθρώπων· είναι ψευδαισθήσεις. Δύο αστέρες μπορεί να φαίνονται πολύ κοντά ο ένας στον άλλο, αλλά ο ένας από αυτούς μπορεί να βρίσκεται πολύ μακρύτερα· δείχνουν όμως να γειτονεύουν, επειδή βρίσκονται στην ίδια κατεύθυνση. Ένα καλό παράδειγμα είναι ο αστερισμός που οι Βρετανοί ονομάζουν Άροτρο, ενώ οι Αμερικανοί Μεγάλη Κουτάλα. Ο πρώτος αστέρας που βρίσκεται στη λαβή του Αρότρου, ο Αλκάνιτ, βρίσκεται σε σχεδόν διπλάσια απόσταση από τη Γη σε σχέση με τον επόμενο, που είναι ο Μιζάρ. Μερικοί από τους αστέρες που υπάρχουν στο Άροτρο ανήκουν σε μια ομάδα. Όμως οι αστέρες που βρίσκονται στα άκρα δεν έχουν καμία σχέση με τους άλλους. Σε μερικές χιλιάδες χρόνια, όταν οι δύο αυτοί αστέρες θα έχουν μετακινηθεί, το Άροτρο θα εξαφανιστεί από τον ουρανό.

Η ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ Καθώς η Γη κάνει το ετήσιο ταξίδι της γύρω από τον Ήλιο, διάφοροι αστερισμοί καλύπτουν τον νυχτερινό ουρανό σε διάφορες εποχές του χρό-

νου. Οι αστέρες που ανήκουν σε αυτούς τους αστερισμούς διατηρούν τη θέση τους και έτσι η διάταξη των αστέρων σε κάθε συγκεκριμένη ημερομηνία παραμένει ίδια χρόνο με το χρόνο. Οι πρώτοι αστρονόμοι γνώριζαν πέντε εξαιρέσεις σε αυτό τον κανόνα: τον Ερμή, την Αφροδίτη, τον Άρη, τον Δία και τον Κρόνο. Κάθε χρόνο, καθώς οι αστερισμοί επανεμφανίζονται, τα πέντε αυτά φωτεινά σώματα βρίσκονταν σε διαφορετικό τμήμα του ουρανού. Οι Έλληνες τα είχαν ονομάσει *πλανήτες*, δηλαδή «ταξιδευτές». Αργότερα, με τη βοήθεια του τηλεσκοπίου, ανακαλύφθηκαν τρεις ακόμα: ο Ουρανός (1781), ο Ποσειδώνας (1846) και ο Πλούτωνας (1930), και έτσι υπάρχουν οκτώ συνολικά πλανήτες. Οι υπόλοιποι αστέρες είναι σταθεροί. Οι αρχαίοι πίστευαν ότι ήταν στηριγμένοι πάνω σε κρυστάλλινες σφαίρες.

Οι σταθεροί αστέρες είναι αυτόφωτοι, και το φως τους δημιουργείται από τις εσωτερικές πηγές ενέργειας που διαθέτουν. Παρά την ονομασία τους, στην πραγματικότητα κινούνται πολύ γρήγορα. Όμως, όπως συμβαίνει και με τα πλοία στον ορίζοντα, βρίσκονται τόσο μακριά, που φαίνονται ακίνητοι. Οι πλανήτες, όπως η Γη, περιστρέφονται γύρω από τον Ήλιο, και είναι αρκετά κοντά για να είναι οι κινήσεις τους φανερές χρόνο με το χρόνο – και, σε μερικές περιπτώσεις, από μήνα σε μήνα. Σαν γιγάντιοι καθρέφτες λάμπουν με δαμνικό φως: το ηλιακό φως που αντανακλάται από την επιφάνειά τους.

Η ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ Η ΑΣΤΡΟΛΟΓΙΑ Την παλιά εποχή δε γινόταν καμία διάκριση ανάμεσα στην αστρονομία και την αστρολογία. Στην Αίγυπτο και τη Μεσοποταμία μελετούσαν τις κινήσεις των ουράνιων σωμάτων για την υποτιθέμενη

επιρροή τους στις δημόσιες υποθέσεις και αυτοί που ασχολούνταν με τη μελέτη τους έχαιραν μεγάλου κύρους. Στην αρχαία Ελλάδα πίστευαν πως η αστρολογία ήταν σημαντική για τη ζωή των απλών ανθρώπων. Οι Άραβες, οι οποίοι κράτησαν ζωντανή την ανάμνηση της ελληνικής επιστήμης, ήταν ένθερμοι οπαδοί της αστρολογίας. Στη μεσαιωνική Ευρώπη η αστρολογία ήταν από τα πράγματα που δεν ενέκρινε η Εκκλησία, αλλά με την εκ νέου ανακάλυψη της αρχαίας γνώσης παρουσιάστηκε νέο κύμα ενδιαφέροντος γι' αυτήν. Στη συνέχεια ο Κοπέρνικος και οι οπαδοί του έπεισαν τον κόσμο ότι η Γη περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο – με τους αστέρες να παίζουν ρόλο απομακρυσμένου φόντου – και ήταν δύσκολο να πιστέψουν σε μια «επιστήμη» που έλεγε ότι ο Ήλιος «βρίσκεται στο Λέοντα» ή «εισέρχεται στον Τοξότη». Ακόμα, δε, πιο δύσκολο έγινε να πιστέψουν σε μια επιστήμη που ισχυριζόταν ότι προέβλεπε το μέλλον από τις σχετικές θέσεις των πλανητών που βρίσκονταν εκατομμύρια χιλιόμετρα μακριά. Μερικοί αστρονόμοι συνέχισαν να μελετούν την αστρολογία αλλά, μετά το 1700, η επιστήμη της αστρονομίας και η ψευδοεπιστήμη της αστρολογίας ακολούθησαν διαφορετικούς δρόμους. Σήμερα, φυσικά, η αστρολογία ανήκει απλώς στον κλάδο της ψυχαγωγίας. Για όσο καιρό όμως θα συνεχίσουν να πουλιούνται εφημερίδες και περιοδικά, το μέλλον της είναι εγγυημένο.

ΠΟΡΕΙΕΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΕΚΛΕΙΠΤΙΚΗΣ Στη διάρκεια μιας ημέρας ο Ήλιος φαίνεται ότι ακολουθεί μια πορεία στον ουρανό. Φυσικά δε συμβαίνει κάτι τέτοιο. Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της, από τα δυτικά προς τα ανατολικά, και αυτό κάνει τον Ήλιο να φαίνεται ότι ταξιδεύει

από την ανατολή προς τη δύση. Ο ήλιος κάνει άλλη μία κίνηση η οποία είναι εξίσου φαινομενική. Όποιος συνηθίζει να μελετά τον ουρανό λίγο μετά τη δύση του ήλιου, τότε που αρχίζουν να εμφανίζονται τα αστέρια, θα παρατηρήσει ότι με την πάροδο του χρόνου ο ήλιος φαίνεται να δύει σε διαφορετικό σημείο του ουρανού. Μέσα σε ένα χρόνο φαίνεται ότι διαγράφει μία πλήρη περιφορά στον ουρανό με φόντο τα αστέρια. Η πορεία που διαγράφει σε αυτό το ταξίδι, η οποία χαράσσεται σε ένα χάρτη με τα άστρα, ονομάζεται εκλειπτική. Όμως, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των αστερισμών, η πορεία του Ήλιου κατά μήκος της εκλειπτικής είναι μια οφθαλμαπάτη. Αυτό που συμβαίνει στην πραγματικότητα είναι ότι η Γη ταξιδεύει γύρω από τον Ήλιο, όπως το παιδί που κάθεται σε μια θέση του «γύρω γύρω όλοι» στο λούνα παρκ. Όπως το παιδί στην προκειμένη περίπτωση νομίζει ότι ένα άτομο που στέκεται στη μέση του «γύρω γύρω όλοι» κινείται σε σχέση με το φόντο του λούνα παρκ, έτσι και για έναν παρατηρητή πάνω στη Γη ο Ήλιος φαίνεται να κινείται με φόντο τα αστέρια.

Επειδή η τροχιά της Σελήνης γύρω από τη Γη και οι τροχιές των πλανητών γύρω από τον Ήλιο βρίσκονται όλες στο ίδιο επίπεδο, φαίνεται επίσης ότι ακολουθούν μια πορεία πάνω στην εκλειπτική.

Ο ΖΩΔΙΑΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ Η ομάδα των αστερων μέσω των οποίων ο Ήλιος, η Σελήνη και οι πλανήτες φαίνεται ότι ταξιδεύουν ονομάζεται ζωδιακός κύκλος (δηλαδή «κύκλος των ζώων»). Χωρίζεται σε 12 αστερισμούς, οι οποίοι μας παραδίδονται από τους αρχαίους Έλληνες. Έχουν ονόματα όπως Λέων, Ταύρος, Καρκίνος, που υποτίθεται ότι αντικατοπτρί-

ζουν τη μορφή τους. Οι αστερισμοί του ζωδιακού, με τις ημερομηνίες «εισόδου» και «εξόδου» του Ήλιου από τον καθένα, είναι οι εξής:

Κριός	21 Μαρτίου-20 Απριλίου
Ταύρος	21 Απριλίου-21 Μαΐου
Δίδυμοι	22 Μαΐου-21 Ιουνίου
Καρκίνος	22 Ιουνίου-23 Ιουλίου
Λέων	24 Ιουλίου-23 Αυγούστου
Παρθένος	24 Αυγούστου-23 Σεπτεμβρίου
Ζυγός	24 Σεπτεμβρίου-23 Οκτωβρίου
Σκορπιός	24 Οκτωβρίου-22 Νοεμβρίου
Τοξότης	23 Νοεμβρίου-22 Δεκεμβρίου
Αιγόκερως	23 Δεκεμβρίου-20 Ιανουαρίου
Υδροχόος	21 Ιανουαρίου-19 Φεβρουαρίου
Ιχθύες	20 Φεβρουαρίου-20 Μαρτίου

Λόγω του φαινομένου της εκτροπής (βλέπε σελίδα 48), τα ζωδια του ζωδιακού δεν αντιστοιχούν πλέον στη θέση του Ήλιου στον ουρανό σε αυτές τις ημερομηνίες. Για το μεγαλύτερο διάστημα της περιόδου από 21 Μαρτίου μέχρι 20 Απριλίου ο Ήλιος στις μέρες μας βρίσκεται στους Ιχθύες και όχι στον Κριό.

ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ Υπάρχουν περίπου 6.000 αστέρες που είναι ορατοί διά γυμνού οφθαλμού. Περίπου 2.000 από αυτούς είναι ορατοί σε κάποια χρονική στιγμή από ένα οποιοδήποτε σημείο στην επιφάνεια της Γης. Οι πιο λαμπεροί είναι οι λεγόμενοι αστέρες «πρώτου μεγέθους» και ονομάστηκαν έτσι από τον Ίππαρχο, τον σπου-

δαίο αστρονόμο της αρχαιότητας. Ο Ίππαρχος, που γεννήθηκε στη βορειοδυτική Μικρά Ασία γύρω στο 190 π.Χ., κατασκεύασε ένα παρατηρητήριο στη Ρόδο. Το 129 π.Χ. κατάρτισε τον πρώτο κατάλογο των άστρων και χώρισε τους ορατούς διά γυμνού οφθαλμού αστέρες σε έξι κατηγορίες, από πρώτου μέχρι έκτου μεγέθους, κατηγορίες τις οποίες χρησιμοποιούμε μέχρι σήμερα.

Εκατοντάδες χρόνια αργότερα, το 1856, την κλίμακα του Ίππαρχου τυποποίησε ο Άγγλος αστρονόμος Νόρμαν Πόγκσον. Ο Πόγκσον καθόρισε ότι η φωτεινότητα του πρώτου μεγέθους ήταν εκατονταπλάσια εκείνης του έκτου μεγέθους, δηλαδή κάθε μέγεθος ήταν 2,51 φορές πιο φωτεινό από το επόμενο στη σειρά ($2,51 \times 2,51 \times 2,51 \times 2,51 \times 2,51 = 100$). Ένας αστέρας πρώτου μεγέθους είναι 2,5 φορές φωτεινότερος από έναν αστέρα δεύτερου μεγέθους, και ένας αστέρας μεγέθους 3,5 είναι 2,5 φορές φωτεινότερος από έναν αστέρα μεγέθους 4,5. Ένας πολύ λαμπερός αστέρας μπορεί να είναι μεγέθους 0 (2,5 φορές φωτεινότερος από το πρώτο μέγεθος) ή ακόμα και *μείον* 1 (2,5 φορές φωτεινότερος από το μέγεθος 0).

Αυτά τα *προφανή* μεγέθη, όπως τα ονομάζουν οι αστρονόμοι, δεν αποτελούν ένδειξη του μεγέθους ενός αστέρα ή της πραγματικής φωτεινότητάς του. Μερικοί φωτεινοί αστέρες είναι πραγματικά πάρα πολύ μεγάλοι· μερικοί φαίνονται μεγάλοι μόνο και μόνο επειδή είναι πιο κοντά στη Γη απ' ό,τι άλλοι. Ένα παράδειγμα αστέρα που είναι και φαινομενικά και πραγματικά μεγάλος είναι ο Μπίτλτζους, στον αστερισμό του Ωρίωνα. Ο Μπίτλτζους (μεγέθους 0,5) ανήκει σε μια κατηγορία αστερών που ονομάζονται «κόκκινοι γίγαντες». Είναι τόσο μεγάλος που, αν ο Ήλιος τοποθε-

τούνταν στο κέντρο του, η τροχιά της Γης θα μπορούσε να περικλείεται μέσα στην περιφέρειά του.

ΜΕΡΙΚΟΙ ΦΩΤΕΙΝΟΙ ΑΣΤΕΡΕΣ

Αστέρας	Μέγεθος	Απόσταση από τη Γη (σε έτη φωτός)
Σείριος	-1,5	9
Κάνωπος	-0,7	74
Αρκτούρος	0	34
Αίγα	0,1	41
Ρίγκελ	0,1	815
Αντάρης	1,0	220
Πολάρης (Πολικός Αστέρας)	2,0	430

Η φωτεινότητα κάθε φωτεινής πηγής μειώνεται σύμφωνα με το *τετράγωνο* της απόστασής της (βλέπε *Εικόνα 7, σελίδα 102*). Αν δύο πανομοιότυπα κεριά τοποθετηθούν κατά τρόπο που το ένα να απέχει *διπλάσια* απόσταση απ' ό,τι το άλλο, αυτό που είναι πιο κοντά φαίνεται *4 φορές* φωτεινότερο. Το ίδιο ισχύει και με τους αστέρες. Ο Ρίγκελ και η Αίγα φαίνονται το ίδιο φωτεινοί. Όμως ο Ρίγκελ βρίσκεται 20 φορές πιο μακριά από την Αίγα. Αν ο Ρίγκελ ήταν τόσο κοντά όσο η Αίγα, η Γη θα δεχόταν $20 \times 20 = 400$ φορές περισσότερο φως από αυτόν και θα φαινόταν 400 φορές πιο φωτεινός από ό,τι είναι. (Η πραγματική του φωτεινότητα είναι 60.000 φορές μεγαλύτερη από εκείνη του Ήλιου.)

ΕΤΗ ΦΩΤΟΣ Οι αστέρες είναι τόσο μακριά, που οι συνήθεις μονάδες μέτρησης της απόστασης δεν αρκούν για να αποτυπώσουν τους σχετικούς αριθμούς. Γι' αυτό οι αστρονόμοι επινόησαν ένα πιο εύχρηστο μέτρο: το έτος φωτός. Το έτος φωτός είναι μονάδα μέτρησης της απόστασης, και όχι του χρόνου. Είναι η απόσταση που διανύεται από μια ακτίνα φωτός μέσα σε ένα χρόνο. Το φως ταξιδεύει με ταχύτητα 300.000 χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο, πράγμα που σημαίνει ότι μέσα σε ένα έτος διανύει απόσταση 9,5 εκατομμυρίων εκατομμυρίων χιλιομέτρων. Συνεπώς όταν λέμε ότι ο Ρίγκελ απέχει 815 έτη φωτός, λέμε ότι απέχει 815 επί 9,5 εκατομμύρια εκατομμύρια χιλιόμετρα, δηλαδή μια απόσταση *αρκετά* μεγάλη.

ΟΙ ΕΠΟΧΕΣ Η Γη είναι σαν ένα γιγάντιο γυροσκόπιο. Η κλίση του άξονά της παραμένει αμετάβλητη στη διάρκεια του ετήσιου ταξιδιού της γύρω από τον Ήλιο. Για ένα μέρος του έτους το βόρειο ημισφαίριο γέρνει προς τον Ήλιο και το νότιο ημισφαίριο γέρνει μακριά από τον Ήλιο.

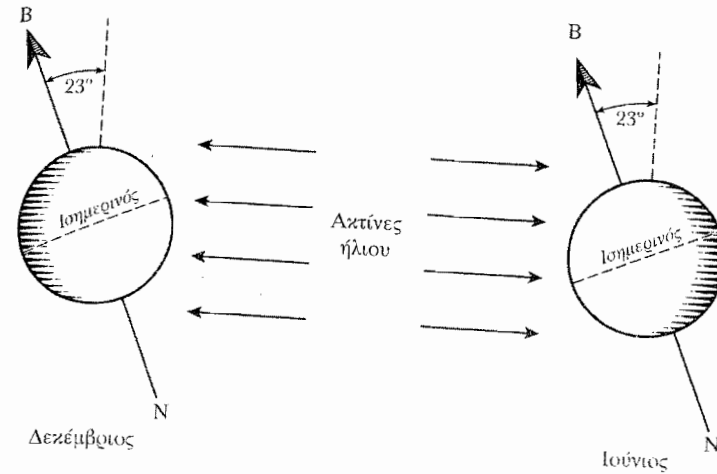
Άλλες φορές οι θέσεις είναι αντεστραμμένες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο αριθμός των ωρών της ημέρας στις οποίες υπάρχει φως σε ένα δεδομένο τόπο και η θερμότητα των ακτίνων του ήλιου να διαφέρουν στη διάρκεια του έτους. Όσο πλησιέστερα βρισκόμαστε στους Πόλους, τόσο μεγαλύτερος είναι ο αντίκτυπος. Γι' αυτό και οι περιοχές που απέχουν από τον Ισημερινό έχουν εποχές με τόσο μεγάλες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία. Στο Μαϊάμι, στα μέσα Φεβρουαρίου, οι ακτίνες του ήλιου έχουν το 80% της θερμότητας που έχουν κατά το μήνα Ιούνιο. Στο Φέρμπανκς της Αλάσκα, το ποσοστό αυτό είναι μόλις 20%. Κοντά στον Ισημερινό οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας είναι λιγότερο έντονες και

η διαφοροποίηση των εποχών εκφράζεται περισσότερο με αλλαγές στη βροχόπτωση παρά στην ηλιοφάνεια.

Ο ΦΥΣΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ Η ιστορία των ρολογιών και των ημερολογίων είναι η ιστορία της προσπάθειας της ανθρωπότητας να συμβιβάσει δύο διαφορετικές έννοιες: τον φυσικό χρόνο και τον τεχνητό χρόνο. Ο φυσικός χρόνος βασίζεται στις κινήσεις του Ήλιου, της Σελήνης και των αστερών. Ο τεχνητός χρόνος είναι αυθαίρετος και δεν έχει καμία σχέση με τα αστρονομικά φαινόμενα.

Κάθε ημερολογιακό σύστημα από όσα επινοήθηκαν μέχρι σήμερα βασίζεται στις ημέρες, στους μήνες και στα έτη. Αυτά αντικατοπτρίζουν τρία φυσικά φαινόμενα: την περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της, την περιστροφή της Σελήνης γύρω από τη Γη και την περιστροφή της Γης γύρω από τον Ήλιο. Δεν ήταν απαραίτητο εκείνοι που πρώτοι συνέταξαν ημερολόγια να γνωρίζουν ότι όντως υπήρχαν αυτές οι κινήσεις. Το μόνο που είχαν να κάνουν ήταν να παρατηρήσουν τις συνέπειές τους: την ανατολή και τη δύση του ήλιου, τη «χάση» και τη «φέξη» της σελήνης και τον ετήσιο κύκλο της θέσης του ήλιου στον ουρανό. Τα πρώτα στάδια της ιστορίας της αστρονομίας ασχολούνταν πολύ περισσότερο με τον ορισμό και τη μέτρηση αυτών των τριών «φυσικών» μονάδων μέτρησης του χρόνου. Μνημεία σαν το Στόουνχεντζ, ανεξάρτητα από τους όποιους άλλους σκοπούς υπηρετούσαν, είχαν σχεδιαστεί σε ένα βαθμό για να δίνουν τη δυνατότητα να προσδιορίζεται επακριβώς η διάρκεια του έτους.

Στους αρχαίους πολιτισμούς ο ορισμός της ημέρας δινόταν με βάση την κίνηση του ήλιου, αλλά αυτό εφαρμοζόταν με διαφορετικούς τρόπους. Η αιγυπτιακή ημέρα ξεκινούσε



Εικόνα 2. Η κλίση της Γης και οι εποχές

Το Δεκέμβριο το βόρειο ημισφαίριο απομακρύνεται από τον Ήλιο. Τον Ιούνιο, στην άλλη πλευρά της τροχιάς της Γης, πλησιάζει προς τον Ήλιο.

κατά τα χαράματα. Η βαβυλωνιακή και η ισλαμική ημέρα άρχιζαν κατά το σούρουπο. Η κινεζική ημέρα και η ρωμαϊκή ημέρα, όπως και η μετέπειτα χριστιανική ημέρα, ξεκινούσαν τα μεσάνυχτα.

Την εποχή που δεν είχε εφευρεθεί το τεχνητό φως, η Σελήνη έπαιξε σημαντικότερο ρόλο στο πώς αντιλαμβανόταν ο άνθρωπος το χρόνο. Και ο μήνας –το μέγεθος του κύκλου των αλλαγών της Σελήνης– ήταν μία άλλη «φυσική» υποδιαίρεση του χρόνου. Δυστυχώς, δεν ήταν ένας «στρογγυλός» αριθμός ημερών, ούτε πλησίαζε το έτος των 365 ημερών. Γι' αυτό μερικοί μήνες έπρεπε να έχουν επιπλέον ημέρες ή έπρεπε να υπάρχουν κάποιες επιπλέον ημέρες που δεν ανήκαν σε κανένα μήνα.

Ο ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ Η ημέρα, ο μήνας και το έτος εξασφαλίζουν ένα προφανές και, θα μπορούσε κανείς να πει,

αναπόφευκτο πλαίσιο για κάθε σύστημα καταγραφής του χρόνου. Παρ' όλα αυτά, έχουν περιορισμένη χρήση στη λειτουργία ενός ανώτερου πολιτισμού. Η ημέρα, ειδικότερα, είναι άχρηστη ως βάση για τη ρύθμιση συναντήσεων ή την οργάνωση ωραρίων εργασίας. Η φύση δε μας έδωσε μια φυσική μονάδα γι' αυτόν το σκοπό, και γι' αυτό έπρεπε να επινοήσει κάποια η ανθρωπότητα. Έτσι γεννήθηκε η ώρα. Λόγω του ότι ήταν μια αυθαίρετη μονάδα, κάθε κοινωνία έδωσε στην ώρα διαφορετικό ορισμό. Οι περισσότεροι αρχαίοι πολιτισμοί διαιρούσαν την «ημέρα» –που μετριόταν από την ανατολή μέχρι τη δύση του ήλιου– σε σταθερό αριθμό ωρών, με αποτέλεσμα η ώρα να έχει μεγαλύτερη διάρκεια το καλοκαίρι απ' ό,τι το χειμώνα. Αυτό δεν εξυπηρετούσε τους αστρονόμους και κατά τον δεύτερο αιώνα π.Χ. ο Έλληνας αστρονόμος Ίππαρχος εισήγαγε αυτό που ουσιαστικά αποτελεί την ώρα όπως τη γνωρίζουμε σήμερα. Ο Ίππαρχος όρισε ως ημέρα το ένα δωδέκατο του διαστήματος ανάμεσα στην ανατολή και τη δύση του ήλιου κατά την εαρινή και τη φθινοπωρινή ισημερία, όταν τα διαστήματα σκότους και φωτός έχουν ίσο μέγεθος. Αυτή η ώρα ισημερίας αποτέλεσε έκτοτε τον ορισμό που χρησιμοποιούν οι αστρονόμοι. Και ήταν ένα μέτρο που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να φτιαχτούν οι κλεψύδρες υγρού ή κόκκων. Όμως στην καθημερινή ζωή η πρακτική της υποδιαίρεσης των ωρών κατά τις οποίες υπάρχει φως σε ίσα διαστήματα συνεχίστηκε σε μεγάλο βαθμό αμετάβλητη για άλλα χίλια χρόνια. Η ώρα που επινόησε ο Ίππαρχος υιοθετήθηκε γενικώς από ολόκληρη την Ευρώπη όταν κατά τον δέκατο τέταρτο αιώνα έκαναν την εμφάνισή τους τα μηχανικά ρολόγια.

Τα λεπτά και τα δευτερόλεπτα είναι αυθαίρετες μονά-

δες. Και αυτές τις καθιέρωσε ο Ίππαρχος, ο οποίος συνέλαβε την ιδέα της υποδιαίρεσης των ωρών με τη βαβυλωνιακή μονάδα του 60 και στη συνέχεια πάλι με το 60. Αυτό έδωσε ένα πολύ επιτυχημένο αποτέλεσμα από την άποψη ότι η μικρότερη μονάδα χρόνου που προέκυψε –το δευτερόλεπτο– διαρκούσε σχεδόν όσο και το διάστημα ανάμεσα στους χτύπους της καρδιάς σε ώρα ανάπαυσης.

Ένα άλλο τεχνητό ή επινοημένο μέτρο του χρόνου αποτελεί ένα χαρακτηριστικό των ημερολογίων για περισσότερα από τρεις χιλιάδες χρόνια: η εβδομάδα. Το μέτρο αυτό αποδείχτηκε χρήσιμο και για θρησκευτικούς και για πολιτικούς σκοπούς. Ο περισσότερο διαδεδομένος ορισμός της εβδομάδας είναι αυτός των 7 ημερών, επειδή οι 4 εβδομάδες των 7 ημερών ταιριάζουν τέλεια σε έναν κύκλο της Σελήνης. Παρ' όλα αυτά, έχουν υπάρξει και άλλες μορφές εβδομάδας: η ρωμαϊκή εβδομάδα, λόγου χάρη, διαρκούσε 8 ημέρες.

ΗΜΕΡΕΣ ΚΑΙ ΕΤΗ Από πολύ παλιά οι αστρονόμοι είχαν ανακαλύψει ότι υπήρχαν προβλήματα σχετικά με το συμβιβασμό των φυσικών μονάδων της ημέρας και του έτους. Το έτος, λόγω του ότι μετριόταν από τη μεταβολή του ύψους στο οποίο βρισκόταν ο Ήλιος πάνω από τον ορίζοντα ή με βάση την επανεμφάνιση των αστερισμών, δεν ισούται με ένα στρογγυλό αριθμό ημερών. Εκτός αυτού ο ορισμός της ημέρας μπορεί να δοθεί με πολλούς τρόπους.

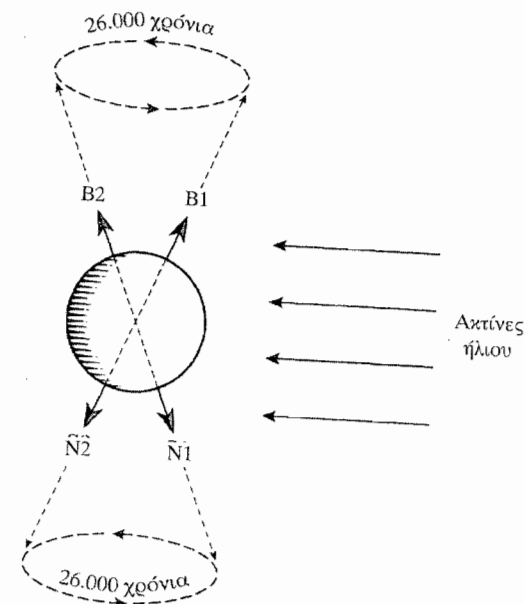
Αυτό που καταλαβαίνουμε ως «μέρα» ονομάζεται *ηλιακή ημέρα*. Η ηλιακή ημέρα είναι ο χρόνος που χρειάζεται ο Ήλιος για να επιστρέψει στην ίδια θέση σε σχέση με ένα οποιοδήποτε σημείο πάνω στην επιφάνεια της Γης. Αυτή είναι η ημέρα, που τη χωρίζουμε σε 24 ώρες. Η Γη, όμως, στην ουσία ολο-

κληρώνει μία περιστροφή γύρω από τον άξονά της σε 23 ώρες, 56 λεπτά και 4 δευτερόλεπτα. Με άλλα λόγια, η Γη περιστρέφεται 366 φορές κάθε 365 ημέρες. Αυτή τη μικρότερη περίοδο περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονά της –που μετριέται σε σχέση με τους αστέρες και όχι σε σχέση με τον Ήλιο– την ονομάζουμε οιονεί *αστρική ημέρα*. Ο λόγος γι' αυτή τη διαφορά είναι ότι κάθε ημέρα η Γη ολοκληρώνει το ένα τριακοσιοστό εξηκοστό πέμπτο του ταξιδιού της γύρω από τον Ήλιο, που διαρκεί ένα έτος. Ως αποτέλεσμα, πρέπει να κάνει τριακόσια εξήντα έξι τριακοσιοστά εξηκοστά πέμπτα μιας περιστροφής για να επανέλθει κάθε δεδομένο σημείο στην επιφάνειά της στην ίδια θέση σε σχέση με τον Ήλιο όπως ήταν την προηγούμενη ημέρα.

Το έτος –ο χρόνος που χρειάζεται η Γη για να ολοκληρώσει το διάρκειας ενός έτους ταξίδι της γύρω από τον Ήλιο– δε διαρκεί ακριβώς 365 ηλιακές ημέρες. Σε γενικές γραμμές, το έτος διαρκεί 365 ημέρες και ένα τέταρτο της ημέρας, και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο χρειαζόμαστε μία επιπλέον ημέρα –την 29η Φεβρουαρίου– κάθε 4 χρόνια, προκειμένου να λειτουργεί σωστά το ημερολόγιο. Αλλά ακόμα και αυτό δε μας δίνει το αποτέλεσμα που χρειαζόμαστε, επειδή το έτος είναι στην ουσία μόλις 365,242 ημέρες. Συνεπώς 3 φορές σε κάθε 4 αιώνες –για παράδειγμα το 2100, το 2200 και το 2300– δεν έχουμε δίσεκτο έτος. Αν όμως το έτος υποδιαιρείται με το 400, π.χ. το έτος 2400, τότε έχουμε δίσεκτο έτος.

Η ΕΚΤΡΟΠΗ Η Γη περιστρέφεται σαν σβούρα. Όμως δεν περιστρέφεται απλώς σαν σβούρα, αλλά και *κοιμάται* σαν σβούρα.

Καθώς περιστρέφεται μια σβούρα, ο άξονάς της σχημα-



Εικόνα 3. Εκτροπή: ο κλυδωνισμός της Γης

Η Γη κλυδωνίζεται γύρω από το κέντρο της, μία φορά κάθε 26.000 χρόνια. Οι B1 και N1 είναι οι σημερινές θέσεις των Πόλων κατά το μήνα Δεκέμβριο. Οι B2 και N2 δείχνουν τις θέσεις που θα έχουν το μήνα Δεκέμβριο οι Πόλοι έπειτα από 13.000 χρόνια.

τίζει έναν ανεστραμμένο κώνο, και αυτή την κίνηση την ονομάζουμε «ύπνο». Το ίδιο κάνει και η Γη. Και καθώς συμβαίνει αυτό, μία φανταστική γραμμή, που σύρεται διαμέσου του άξονά της μέχρι τον ουρανό του Βορρά, σχηματίζει έναν κύκλο ανάμεσα στα αστέρια. Την κίνηση αυτή –που ονομάζεται *εκτροπή*– την ανακάλυψε ο Ίππαρχος κατά τον δεύτερο π.Χ. αιώνα.

Η εκτροπή είναι μια αργή διαδικασία. Χρειάζεται να περάσουν 26.000 χρόνια για να ολοκληρώσει ο άξονας της Γης μία περιστροφή. Μία συνέπεια της εκτροπής είναι ότι ο

Πολικός Αστéρας, ο οποίος για τόσο πολλά χρόνια συντρόφευε τους ταξιδιώτες στο βόρειο ημισφαίριο, θα έρθει εποχή που θα γίνει λιγότερο χρήσιμος, αφού ο άξονας της Γης θα δείχνει ένα διαφορετικό τμήμα του ουρανού του Βορρά. Η ερμηνεία της εκτροπής βασίζεται σε δύο δεδομένα: στο γεγονός ότι ο άξονας της Γης παρουσιάζει κλίση 23 μοιρών προς το επίπεδο της τροχιάς της και στο γεγονός ότι η Γη είναι ελαφρώς διογκωμένη στον Ισημερινό. Η έλξη της βαρύτητας από τον Ήλιο –και ακόμα περισσότερο από τη Σελήνη– σε αυτό το εξόγκωμα προκαλεί αυτό τον κλυδωνισμό που αποκαλούμε εκτροπή.

Αυτή η σύγκριση της εκτροπής με τη συμπεριφορά της σβούρας, που είναι ο τρόπος με τον οποίο συνήθως περιγράφεται, δεν είναι πολύ ακριβής. Η σβούρα όντως συμπεριφέρεται ως εάν ο άξονάς της κινούνταν γύρω από την επιφάνεια ενός ανεστραμμένου κώνου. Όμως ο άξονας της Γης διαγράφει δύο κώνους που συναντώνται στο κέντρο της. Μια προέκταση του άξονα της Γης, προς την κατεύθυνση του ουρανού του Βορρά, διαγράφει επίσης έναν κύκλο 26.000 ετών με φόντο τα αστέρια.

Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΓΗΣ Μετά τον Αριστοτέλη, το κέντρο της ελληνικής επιστημονικής σκέψης μεταφέρθηκε στην Αλεξάνδρεια της Αιγύπτου. Εκεί, γύρω στο 200 π.Χ. σημειώθηκε ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα της εφαρμοσμένης αστρονομίας: η μέτρηση της περιφέρειας της Γης. Ο άνθρωπος που βρίσκεται πίσω από αυτό το επίτευγμα είναι ο Ερατοσθένης από την Κυρήνη, διευθυντής της βιβλιοθήκης της πόλης, που εκείνη την εποχή αποτελούσε το πιο λαμπρό κέντρο γνώσης της Δύσης.

Ο υπολογισμός που έκανε ήταν εντυπωσιακός για την απλότητά του. Είχε ακούσει ότι το μεσημέρι της 21ης Ιουνίου, που είναι το θερινό ηλιοστάσιο, ο ήλιος στη Συήνη –το σημερινό Ασουάν–, που βρισκόταν 800 χιλιόμετρα νότια της Αλεξάνδρειας, έπεφτε κατακόρυφα πάνω σε μια πηγή. Γνωρίζοντας ότι ο ήλιος στην Αλεξάνδρεια την ίδια ημέρα δε βρισκόταν εντελώς κάθετα, αποφάσισε να μετρήσει τη διαφορά στη γωνία του ήλιου στις δύο αυτές θέσεις. Τοποθέτησε μια ράβδο στην άμμο και μέτρησε το μήκος της σκιάς που έριχνε το μεσημέρι. Χρησιμοποιώντας στοιχειώδη τριγωνομετρία υπολόγισε ότι οι ακτίνες του ήλιου στην Αλεξάνδρεια έπεφταν υπό γωνία 7,2 μοιρών σε σχέση με την κατακόρυφο. Υποθέτοντας ότι οι δύο τόποι απείχαν 800 χιλιόμετρα, υπολόγισε ότι η περιφέρεια της Γης –πάνω από τους Πόλους– ήταν $(360 : 7,2) \times 800 = 40.000$ χιλιόμετρα, που στην πραγματικότητα ήταν 1% μικρότερη.

Ο Ερατοσθένης δε γνώριζε ότι οι δύο τόποι απείχαν 800 χιλιόμετρα. Είχε μαντέψει την απόσταση από το χρόνο που χρειαζόταν ένα καραβάνι με καμήλες να ολοκληρώσει το ταξίδι. Και η Συήνη δεν ήταν ακριβώς νότια της Αλεξάνδρειας. Ούτε ο ήλιος έπεφτε απολύτως κατακόρυφα στην πηγή στις 21 Ιουνίου. Συνεπώς στάθηκε λίγο τυχερός στην απάντησή του. Ωστόσο, η μέθοδός του ήταν σωστή και η πνευματική τόλμη που επέδειξε για να επιχειρήσει να λύσει ένα τόσο κολοσσιαίο πρόβλημα με τόσο απλά εργαλεία έγινε αφορμή για να αποκτήσει τη φήμη που του χάρισε την αθανασία.

ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

Διάμετρος στον Ισημερινό: 12.760 χμ.
Περιφέρεια στον Ισημερινό: 40.100 χμ.
Διάμετρος στους Πόλους: 12.720 χμ.
Περιφέρεια στους Πόλους: 39.960 χμ.
Μάζα: $5,88 \times 10^{21}$ τόνοι*
Μέση πυκνότητα** : 5,5
Ταχύτητα διαφυγής (στην επιφάνεια): 11,2 χμ./δευτ.
Απόσταση από τον Ήλιο: (μέγιστη) 152 εκατ. χμ.
(ελάχιστη) 147 εκατ. χμ.
(μέση) 149,5 εκατ. χμ.
Ταχύτητα περιστροφής στον Ισημερινό: 1.675 χμ./ώρα (15 μοίρες την ώρα)
Μέση ταχύτητα περιστροφής γύρω από τον Ήλιο: 29,8 χμ./δευτ.
ή 107.200 χμ./ώρα
Περίοδος περιστροφής (1 τροπικό ή ηλιακό έτος): 365,242 ημέρες
Μέση αστρική ημέρα***: 23 ώρες, 56 λεπτά και 4 δευτ.
Μέση ηλιακή ημέρα****: 24 ώρες
Κλίση του άξονα της Γης: 23 μοίρες και 27 λεπτά
Μήκος γεωγραφικού μήκους μιας μοίρας στον Ισημερινό: 111,4 χμ.
Μήκος γεωγραφικού πλάτους μιας μοίρας στον Ισημερινό: 110,6 χμ.
Μήκος γεωγραφικού πλάτους μιας μοίρας στους Πόλους: 111,7 χμ.
Εμβαδόν επιφανείας: (έδαφος) 29%
(θάλασσα) 71%

* Το 10^{21} σημαίνει 1 ακολουθούμενο από 21 μηδενικά. Η μάζα της Γης είναι 5.880 εκατομμύρια εκατομμύρια εκατομμύρια τόνοι.

** Η μέση πυκνότητα του νερού είναι 1.

*** Ο χρόνος που χρειάζεται η Γη να ολοκληρώσει μία περιστροφή γύρω από τον άξονά της.

**** Το διάστημα ανάμεσα σε δύο διαδοχικά μεσάνυχτα.

ΟΙ ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΚΟΛΟΜΒΟΥ

Δεκαεπτά αιώνες μετά τον Ερατοσθένη, που κατόρθωσε να κάνει μια καλή εκτίμηση για την περιφέρεια της Γης, ένας 40χρονος ριψοκίνδυνος άνθρωπος από τη Γένοβα, ο Κριστομπάλ Κολόν –ο γνωστός Χριστόφορος Κολόμβος–, ταξίδεψε με πλοίο προς τη Δύση διασχίζοντας τον Ατλαντικό. Αυτόν τον ενθάρρυνε μία λιγότερο ακριβής εκτίμηση. Μέχρι τα τέλη του δέκατου πέμπτου αιώνα, σχεδόν όλοι οι μορφωμένοι στην Ευρώπη πίστευαν ότι η Γη ήταν σφαιρική. Ο Κολόμβος συνέλαβε την ιδέα να επιχειρήσει να πάει στην Ανατολή ταξιδεύοντας με πλοίο προς τη Δύση από τον Ιταλό χαρτογράφο ονόματι Τοσκανέλι. Πίστευε ότι είχε να πραγματοποιήσει ένα ταξίδι 6.300 χιλιομέτρων μόνο. Αναχώρησε από τα Κανάρια Νησιά το Σεπτέμβριο του 1492 πεπεισμένος ότι το μόνο που είχε να κάνει ήταν να κινηθεί προς τη Δύση κατά μήκος του 38ου παραλλήλου και ότι θα έφτανε στις «Ινδίες», όπως έλεγαν τότε την ανατολική Ασία. Δυστυχώς –ή ευτυχώς, όπως αποδείχτηκε– στο δρόμο του συνάντησε μια ήπειρο. Είναι να αναρωτιέται κανείς αν θα έκανε τον κόπο να σαλπάρει για αυτό το ταξίδι, αν λάμβανε υπόψη του τους πιο ακριβείς υπολογισμούς του Ερατοσθένη, οι οποίοι θα τον έκαναν να σκεφτεί ένα ταξίδι 22.000 χιλιομέτρων.

Ο ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΚΙΝΑΣ Ενώ οι Έλληνες συνελάμβαναν τις ιδέες οι οποίες αργότερα θα αποτελούσαν το εφαλτήριο για την ανάπτυξη της σύγχρονης επιστήμης, ένας σπουδαίος πολιτισμός γνώριζε μεγάλη άνθηση στην Κίνα, μια χώρα που βρισκόταν 10.000 χιλιόμετρα ανατολικότερα. Οι Έλληνες γνώριζαν ελάχιστα γι' αυτό τον πολιτισμό. Αν γνώριζαν περισσότερα, θα έμεναν εμβρόντη-

τοι όσον αφορά τη δική τους ευφυΐα. Στην αστρονομία, τη λογοτεχνία, τη ζωγραφική και την αγγειοπλαστική, στη στρατιωτική τεχνολογία και τη δημόσια διοίκηση τα κινεζικά επιτεύγματα ήταν αντίστοιχα με εκείνα που είχαν να επιδείξουν οι Έλληνες. Στη σιδηρουργία, την πολεοδομία και τη γεωργία οι Κινέζοι προηγούνταν κατά πολύ. Σε τομείς όπως η παραγωγή μεταξιού και η καλλιγραφία, είχαν τελειοποιήσει τέχνες και δεξιότητες που οι σύγχρονοί τους στη Δύση δεν είχαν καν υπόψη τους.

Αν υπήρχε δυνατότητα οι Έλληνες φιλόσοφοι του πρώτου αιώνα π.Χ. να μεταφερθούν στην Κίνα, θα έμεναν έκπληκτοι από το επίπεδο της τεχνολογίας: άροτρα με ενσωματωμένες σιδερένιες αξίνες, βαθιές γεωτρήσεις για αλμυρό νερό και φυσικό αέριο, κατασκευή χάλυβα από χυτοσίδηρο, μαζική παραγωγή τόξων και χάμουρα που έδιναν τη δυνατότητα στα άλογα να μεταφέρουν ασυνήθιστα φορτία. Ωστόσο, θα απορούσαν από την έλλειψη επιστημονικών υποθέσεων, φαινόμενο το οποίο σε εκείνους ήταν συχνότατο. Και σίγουρα θα έμεναν έκπληκτοι από την έλλειψη προόδου σε μερικά θέματα –για παράδειγμα, τη γεωμετρία– που έπαιζαν κεντρικό ρόλο στον δικό τους τρόπο σκέψης. Πάντως το σίγουρο είναι ότι θα συνειδητοποιούσαν πως βρίσκονται μπροστά σε ένα σπουδαίο πολιτισμό.

ΕΝΑΣ ΜΕΓΑΛΟΣ ΚΙΝΕΖΟΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΑΣ Ο Ζανγκ Χενγκ –ή Τσανγκ Χενγκ– ήταν ένα τυπικό παράδειγμα Κινέζου επιστήμονα. Ο Χενγκ, ο οποίος γεννήθηκε στη Νάνγιανγκ της κεντρικής Κίνας το 78 μ.Χ., ήταν ένας από εκείνους τους ιδιαίτερα προικισμένους ανθρώπους που κάνουν τους κοινούς θνητούς να νομίζουν ότι ανήκουν σε ένα δια-

φορητικό είδος. Το εύρος των ταλέντων του φέρνει στο νου μας τον Λεονάρντο ντα Βίντσι. Ως επιστήμονας ήταν σαφώς ανώτερος του ντα Βίντσι. Ήταν ένας από τους τέσσερις σπουδαιότερους ζωγράφους της εποχής του και συγγραφέας 20 διάσημων λογοτεχνικών έργων. Όμως ήταν ο πρώτος και σπουδαιότερος αστρονόμος. Ήταν ο αστρονόμος της δυναστείας των ανατολικών Χαν κατά τον δεύτερο αιώνα μ.Χ. Κατάρτισε έναν από τους πρώτους εκτενείς αστρονομικούς χάρτες, εφάμιλλος του οποίου ήταν μόνο ο αντίστοιχος χάρτης του Ιπάρχου, το 129 π.Χ., τον οποίο ο Ζανγκ δε γνώριζε. Στο χάρτη αυτόν σημείωσε τις ακριβείς θέσεις 2.500 φωτεινών αστερών και σε 320 από αυτούς έδωσε ονόματα. Υπολόγισε ότι στον νυχτερινό ουρανό, που ήταν μερικώς ορατός από την Κίνα, υπήρχαν 11.500 αστέρια. Αυτό ήταν λίγο υπερβολικό, ακόμα και για έναν παρατηρητή με άριστη όραση, αλλά δεν ήταν κακή εκτίμηση. Επίσης ερμήνευσε, σωστά, τις εκλείψεις της Σελήνης, υποστηρίζοντας ότι προκαλούνται από τη διέλευση της Σελήνης μέσα από τη σκιά της Γης. Και φαντάστηκε τη Γη ως μία μικρή σφαίρα που αιωρείται στο Διάστημα και περιβάλλεται από έναν, αχανή και απομακρυσμένο, σφαιρικό ουρανό. Ο Ζανγκ Χενγκ ήταν επίσης προικισμένος μαθηματικός και βελτίωσε τις προηγούμενες εκτιμήσεις της τιμής του π –του λόγου της περιφέρειάς ενός κύκλου προς τη διάμετρό του–, από το χοντρικό 3 που ήταν αποδεκτό τότε στο 3,162, τιμή αρκετά κοντινή στο 3,142 το οποίο αποδεχόμαστε σήμερα.

Το πιο σημαντικό επίτευγμα του Ζανγκ Χενγκ ήταν ο ανιχνευτής σεισμών που τελειοποίησε το 132 μ.Χ., δηλαδή χίλια επτακόσια χρόνια προτού κατασκευαστεί ο πρώτος ευρωπαϊκός σειсмоγράφος. Ο Ζανγκ εντυπωσίασε την αυτο-

κρατορική Αυλή με αυτή τη συσκευή, η οποία μπορούσε να ανιχνεύσει απομακρυσμένους σεισμούς οι οποίοι δε γίνονταν αντιληπτοί από κανέναν κοντά στη συσκευή. Είχε τη μορφή ενός μπρούντζινου βάζου στο οποίο ήταν προσαρμοσμένη μια σειρά από μπρούντζινες κεφαλές δράκων, καθμία από τις οποίες συγκρατούσε στο στόμα της μια μπρούντζινη σφαίρα, ενώ γύρω στη βάση της συσκευής υπήρχε μια σειρά από μπρούντζινα βατράχια με το στόμα τους ανοιχτό. Μόλις η συσκευή ανίχνευε σεισμό, απελευθερωνόταν αμέσως μία σφαίρα και έπεφτε στο στόμα ενός βατράχου. Η θέση του συγκεκριμένου βατράχου έδειχνε την κατεύθυνση από την οποία είχε προέλθει η δόνηση. Σε μία περίπτωση μια σφαίρα έπεσε χωρίς να γίνει αντιληπτός κάποιος σεισμός. Έπειτα από μερικές μέρες έφτασε ένας αγγελιαφόρος ο οποίος ανακοίνωσε ότι είχε γίνει σεισμός στην Κανσού, που βρισκόταν 600 χιλιόμετρα από την αυτοκρατορική Αυλή, προς την κατεύθυνση που έδειξε η συσκευή.

Παρά την ευφυή σύλληψη του δημιουργήματος του Ζανγκ Χενγκ, είναι λάθος να του χρεώσουμε την εφεύρεση του σειсмоγράφου. Το μηχανήμά του ήταν *ανιχνευτής σεισμών*. Κατέγραφε σεισμούς, αλλά δεν έκανε μετρήσεις σχετικά με αυτούς.

Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΙ Το *πι*, ο αριθμός που κατά τους υπολογισμούς του Ζανγκ ήταν 3,162, δεν μπορεί να εκφραστεί επακριβώς με αριθμητικούς όρους, είτε ως ένα κοινό κλάσμα είτε ως δεκαδικό κλάσμα. Ανεξάρτητα από το πόσα ψηφία χρησιμοποιούνται στην καταγραφή του, δεν μπορεί παρά να είναι κατά προσέγγιση. Η τιμή 3,1416 είναι ακριβής για τις μετρήσεις που χρησιμοποιεί ο περισσότερος

κόσμος για πρακτικούς σκοπούς. Προτού ανακαλυφθούν οι υπολογιστές, ο μεγαλύτερος αριθμός δεκαδικών ψηφίων μέχρι τον οποίο μπορούσε κανείς να φτάσει τον υπολογισμό χωρίς να κάνει λάθος ήταν 528. Το 2002, όμως, μια ομάδα Ιαπώνων κατάφερε να υπολογίσει το *πι* μέχρι και 1,24 *τρισεκατομμύρια* δεκαδικά ψηφία. Ωστόσο, και αυτή συνεχίζει να είναι απλώς μία προσέγγιση.

Η ΜΟΥΣΟΥΛΜΑΝΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ Όποια κι αν ήταν τα επιτεύγματα κατά τους αιώνες της κυριαρχίας της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, η πρόοδος της επιστήμης δε συγκαταλεγόταν σε αυτά. Οι Ρωμαίοι διατήρησαν ζωντανή την ελληνική επιστήμη, αλλά πρόσθεσαν ελάχιστα σε αυτή. Όταν διαλύθηκε η ρωμαϊκή αυτοκρατορία, η ζωή στις πόλεις εγκαταλείφθηκε σε μεγάλο βαθμό και χάθηκε η επιστημονική γνώση. Με τον ερχομό της χριστιανοσύνης, η δραστηριότητα των ανθρώπων του πνεύματος επικεντρώθηκε κυρίως στη θεολογία παρά στην «ειδωλολατρική» επιστήμη. Αν δεν είχε δημιουργηθεί μια άλλη αυτοκρατορία πιο ανατολικά, το μεγαλύτερο μέρος αυτών των γνώσεων της αρχαιότητας θα είχε χαθεί και η ιστορία της επιστήμης θα ήταν πολύ διαφορετική.

Το 610 μ.Χ., ένας 40χρονος έμπορος που τον έλεγαν Μωάμεθ και ζούσε στη Μέκκα, στην Αραβική Χερσόνησο, έζησε μια σειρά από αποκαλύψεις οι οποίες αποτέλεσαν τη βάση για το *Κοράνι*, το ιερό βιβλίο μιας νέας θρησκείας. Μέσα σε μια εικοσαετία αυτή η θρησκεία, το Ισλάμ, είχε εξαπλωθεί στο μεγαλύτερο τμήμα της Αραβίας. Κάτω από μια σειρά στρατιωτικών και θρησκευτικών ηγετών, γνωστών ως χαλίφηδων, το Ισλάμ κυριάρχησε επιπλέον στη Μέση Ανατολή και τη Βόρεια Αφρική, κατακτώντας δύο παλιότερες

αυτοκρατορίες, τη βυζαντινή και την περσική. Μέχρι το έτος 750, σε λιγότερο από έναν αιώνα μετά το θάνατο του Μωάμεθ, η αυτοκρατορία του Ισλάμ εξαπλωνόταν από τον Βискаϊκό Κόλπο μέχρι τα όρη του Αφγανιστάν.

Ένα σημαντικό στοιχείο της ισλαμικής διδασκαλίας ήταν η υποχρέωση να επιζητείς τη γνώση. Αυτή η εντολή, σε συνδυασμό με τον πλούτο που επέφερε το εμπόριο μέσα στην αχανή αυτοκρατορία, δημιούργησαν ένα περιβάλλον στο οποίο άνθησε η επιστήμη. Κάτω από την ηγεσία αρχόντων που στήριζαν την επιστήμη, σημειώθηκε μεγάλη πρόοδος στον τομέα της γνώσης. Από το Τολέδο στη Δύση μέχρι το Ισφαχάν στην Ανατολή, λόγιοι ασχολούνταν με τη μετάφραση των αρχαίων κειμένων, και όχι μόνο των ελληνικών, αλλά και των σανσκριτικών, των συριακών και των περσικών (παχλαβί). Ταυτόχρονα οι εμπορικές επαφές με την Κίνα και την Ινδία εισήγαγαν ιδέες και μαθηματικές μεθόδους που ήταν άγνωστες στους Έλληνες. Μπορεί να πει κανείς με βεβαιότητα ότι οι μουσουλμάνοι λόγιοι αυτής της εποχής διέθεταν περισσότερες επιστημονικές γνώσεις από όσες είχαν συγκεντρωθεί μέχρι τότε σε ολόκληρη την ανθρωπότητα.

ΑΝΑΚΑΛΥΨΕΙΣ ΣΤΗ ΒΑΓΔΑΤΗ Σε ολόκληρη την αυτοκρατορία το εμπόριο δημιουργούσε πλούτο και ο πλούτος έφερνε αύξηση πληθυσμού. Δημιουργήθηκαν νέες πόλεις, όπως η Κόρδοβα στην Ισπανία, η οποία αναπτύχθηκε και φιλοξενούσε μισό εκατομμύριο κατοίκους. Πολλές από αυτές τις πόλεις έγιναν κέντρα μάθησης. Όμως σε κανένα σημείο του Ισλάμ το φως της επιστήμης δεν έλαμπε πιο έντονα απ' ό,τι στη Βαγδάτη, στις όχθες του ποταμού Τίγρη στη Μεσοποταμία. Εδώ, στα βόρεια σύνορα της αρχαίας Βαβυλώνας, όπου η επιστήμη

της αστρονομίας είχε γεννηθεί τρεις χιλιάδες χρόνια νωρίτερα, άκμασε μια σπουδαία πόλη, στην οποία κατέφθαναν λόγιοι από πολύ μακρινές περιοχές. Μέσα σε τρεις αιώνες το μέγεθός της και η ευημερία της αυξήθηκαν και γύρω στο 1000 μ.Χ. ο πληθυσμός της έφτασε τα 1,5 εκατομμύρια. Μέσα σε αυτό το περιβάλλον η επιστήμη δε θα μπορούσε παρά να ανθήσει. Στις αρχές του ένατου αιώνα, όταν ο αυτοκράτορας Καρλομάγνος δεν μπορούσε ούτε το όνομά του να γράψει, ο χαλίφης της Βαγδάτης, ο Χαρούν αλ-Ρασίντ, και οι λόγιοί του εξερευνούσαν και επέκτειναν τα όρια των μαθηματικών, της αστρονομίας, της γεωγραφίας και της ιατρικής. Το 830, ο γιος του αλ-Ρασίντ, ο αλ-Μαμούν, ίδρυσε τον Οίκο της Σοφίας, όπου οι λόγιοι μετέφραζαν έργα του Αριστοτέλη, του Αρχιμήδη, του Πτολεμαίου και άλλων, τα οποία είχαν εξασφαλίσει από κάθε γωνιά της αυτοκρατορίας.

Υπάρχει μια ιστορία σχετικά με τον αλ-Μαμούν η οποία παρουσιάζει συνοπτικά τη στάση των πρώτων μουσουλμάνων λογίων απέναντι στους Έλληνες. Λέγεται ότι, σε κάποιο όραμα, είδε έναν άντρα ξαπλωμένο σε ένα ανάκλιτρο και τον ρώτησε: «Ποιος είσαι εσύ;» Όταν ο άντρας τού απάντησε: «Είμαι ο Αριστοτέλης», ο κατενθουσιασμένος χαλίφης ξεκίνησε μια μακροσκελή συζήτηση για την ηθική, το νόμο και την πίστη. Χάρη σε αυτό το ανοιχτό πνεύμα, επί εξακόσια χρόνια η Βαγδάτη και άλλες ισλαμικές πόλεις παρέμειναν κοιτίδες της επιστημονικής γνώσης, διατηρώντας την έτσι ζωντανή μέχρι την ημέρα που η Ευρώπη ξύπνησε από τον πνευματικό της λήθαργο και ξεκίνησε το δικό της ταξίδι των επιστημονικών ανακαλύψεων.

ΤΟ ΑΡΑΒΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΙΘΜΗΣΗΣ Το σημαντικότερο δώρο που έδωσε το Ισλάμ στη σύγχρονη επιστήμη ήταν το σύστημα των αριθμών που ονομάζουμε *αραβικούς αριθμούς*. Αν θέλαμε να δώσουμε τα εύσημα στη σωστή πλευρά, θα έπρεπε κανονικά να τους ονομάζουμε ινδικούς αριθμούς, αφού πρωτοεμφανίστηκαν στην Ινδία της πρώτης χιλιετίας π.Χ. Πήραν τη μορφή τους από τον ινδουιστή αστρονόμο Αριαμπχάτα, ο οποίος γεννήθηκε το 476 π.Χ. στην Κουσουμαπούρα, που βρισκόταν κοντά στη σημερινή Πάτνα. Αυτός περιέγραψε το σύστημα σε ένα βιβλίο με θέμα την αστρονομία και τα μαθηματικά, το οποίο ονομαζόταν *Αριαμπχάτιγια* και ήταν γραμμένο σε στροφές ποιημάτων στα σανσκριτικά. Το βιβλίο του εκδόθηκε μόλις το 1874 στην Ευρώπη. Όμως το σύστημα των αριθμών που περιέγραφε είχε προ πολλού βρει το δρόμο του στα αραβικά κείμενα του ένατου αιώνα που υπέγραφε ο μαθηματικός αλ-Χουαρισμί, ο οποίος γεννήθηκε στο σημερινό Ουζμπεκιστάν· είχε την υποστήριξη του χαλίφη αλ-Μαμούν και, χάρη σ' αυτόν, οι αραβικοί αριθμοί διαδόθηκαν στην Ευρώπη, και μάλιστα ακριβώς στον σωστό χρόνο για την επανάσταση που ξεκίνησαν ο Γαλιλαίος και ο Κέπλερ.

Δεν είναι απαραίτητο να έχεις ένα αποτελεσματικό σύστημα αριθμών για να κάνεις γρήγορους υπολογισμούς. Οποιοσδήποτε έμπειρος χειριστής άβακα μπορεί να εκτελέσει μερικούς πολύ εντυπωσιακούς υπολογισμούς. Εντούτοις, αυτοί οι υπολογισμοί που γίνονταν με χαρτί και μολύβι και υπήρχαν στα προβλήματα που έπρεπε να λύσει ο Νεύτωνας θα ήταν αδύνατοι χωρίς τους αραβικούς αριθμούς, τους δεκαδικούς αριθμούς και την έννοια του μηδενός. Όλα αυτά οφείλουμε στην Ινδία, μέσω του Ισλάμ. Όποιος αμφιβάλ-

λει γι' αυτό ας δοκιμάσει να πολλαπλασιάσει τους αριθμούς MDXXLIV και LIX ή να σκεφτεί πώς θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει τους ρωμαϊκούς αριθμούς για να λύσει προβλήματα διαφορετικού λογισμού.

Η χρήση των αραβικών αριθμών στην Ευρώπη –στην αρχή για χάρη της λογιστικής και αργότερα για την εκτέλεση επιστημονικών υπολογισμών– ξεκίνησε από τον Ιταλό μαθηματικό Λεονάρντο Φιμπονάτσι, ο οποίος τους περιέγραψε στο έργο του με τίτλο *Το βιβλίο των υπολογισμών* και κατέδειξε την επιστημονική τους χρήση στο σύγγραμμά του με τίτλο *Το βιβλίο των τετραγώνων*, το οποίο γράφτηκε το 1225.

ΤΟ ΕΡΓΟ ΤΟΥ ΚΟΠΕΡΝΙΚΟΥ Το φθινόπωρο του 1491, καθώς ο Κολόμβος κατάστρωνε τα σχέδια του ταξιδιού του, ένας 18χρονος μαθητής άρχιζε τις πανεπιστημιακές σπουδές του στην πρωτεύουσα της Πολωνίας, την Κρακοβία. Τον έλεγαν Μίκολαζ Κοπερνίκ, και αργότερα το άλλαξε με το λατινικό Νικόλαους Κοπέρνικους (εξελληνισμένο Νικόλαος Κοπέρνικος). Αυτός έμελλε να αλλάξει ριζικά την εικόνα που είχαν οι άνθρωποι για τις περιοχές πέραν της Γης, όπως έκανε ο Κολόμβος για την εικόνα που είχαν για την ίδια τη Γη.

Ο Κοπέρνικος έχασε τους γονείς του προτού κλείσει τα δέκα του χρόνια και μεγάλωσε στο σπίτι του θείου του, ο οποίος ήταν επίσκοπος. Όταν έφτασε σε ηλικία 22 ετών, ο θείος του του εξασφάλισε μια εφ' όρου ζωής θέση εφημέριου στον καθεδρικό ναό του Φράουενμπουργκ. Καθώς η εργασία δεν ήταν κοπιαστική, ο Κοπέρνικος ήταν σε θέση να συνεχίσει τις σπουδές του. Συνεπαρμένος από τις ιδέες που έφταναν στη χώρα του από την Ιταλία, γράφτηκε στο πανεπιστήμιο της Μπολόνια όπου βοηθούσε τον αστρονό-

μο Ντομένικο Μαρία ντα Νοβάρα, και μετέπειτα στα πανεπιστήμια της Φεράρα και της Πάντοβα.

Παρόλο που συνέχισε να σπουδάζει εκκλησιαστικό δίκαιο, η πρώτη αγάπη του ήταν η αστρονομία. Όταν άρχισε τις σπουδές του, το αποδεκτό πρότυπο για τον ουρανό ήταν ακόμα εκείνο που είχε παρουσιάσει πριν από χίλια τριακόσια χρόνια ο Έλληνας αστρονόμος Πτολεμαίος από την Αλεξάνδρεια. Το σύμπαν του Πτολεμαίου ήταν γεωκεντρικό: η Σελήνη, ο Ήλιος, οι πλανήτες και οι αστέρες περιστρέφονταν γύρω από ένα κέντρο, τη Γη, που έμενε ακίνητη.

Ο Πτολεμαίος γεννήθηκε γύρω στο 100 μ.Χ. και πέθανε γύρω στο 170 μ.Χ. Έγραφε στην ελληνική γλώσσα: το βιβλίο χάρη στο οποίο πέρασε στην Ιστορία είναι το *Μεγίστη μαθηματική σύνταξη της αστρονομίας*, όπου παρουσίαζε συνοπτικά τις αστρονομικές γνώσεις της εποχής του και το οποίο είναι επίσης γνωστό με τον τίτλο *Αλμαγέστη* (από το «η μεγίστη»). Το γεωκεντρικό σύμπαν του Πτολεμαίου ήταν το μοντέλο που αποδέχονταν οι περισσότεροι αστρονόμοι της εποχής του Κοπέρνικου καθώς και αυτό που προσυπέγραφε η Εκκλησία. Όμως ήταν ένα μοντέλο που γινόταν όλο και λιγότερο αξιόπιστο ως οδηγός για τις κινήσεις των πλανητών. Και οι περίπλοκοι υπολογισμοί που χρειάζονταν για να έχει νόημα το σύστημα του Πτολεμαίου γεννούσαν ερωτήματα στο μυαλό μερικών αστρονόμων, οι οποίοι έκριναν ότι οι κινήσεις του ουρανού έπρεπε να ακολουθούν ένα απλούστερο και πιο ευέλικτο πρότυπο.

Αυτά ήταν ερωτήματα που γεννιόνταν φυσικά σε ένα νέο, ευφυή άντρα με ανήσυχο πνεύμα όπως ο Κοπέρνικος. Όταν ολοκλήρωσε τις σπουδές του στην Ιταλία, επέστρεψε στο σπίτι του θείου του όπου συνέχισε να ασχολείται με το

πρόβλημα των κινήσεων των πλανητών. Ο Κοπέρνικος δεν ήταν αστρονόμος με την έννοια κάποιου που μελετά τον ουρανό μέσω παρατήρησης. Ήταν φυσικός φιλόσοφος – ένας άνθρωπος που μελετούσε τον φυσικό κόσμο, αλλά την πρώτη ύλη των σκέψεών του την αντλούσε περισσότερο από τη μελέτη και τη σκέψη, παρά από τον πειραματισμό και την παρατήρηση. Χάρη στη μελέτη των ελληνικών κειμένων που προϋπήρχαν του Πτολεμαίου συνέλαβε ο Κοπέρνικος την ιδέα του σύμπαντος που έχει στο κέντρο του τον Ήλιο. Όταν το 1512 πέθανε ο θείος του, ο Κοπέρνικος επέστρεψε στο Φράουενμπουργκ. Δύο χρόνια αργότερα άρχισε να κυκλοφορεί στους φίλους του ένα έγγραφο το οποίο είχε ονομάσει *Μικρή συγγραφή για τις βάσεις των κινήσεων των ουράνιων σωμάτων, διατυπωμένες υποθέσεις* και το οποίο περιείχε τους συλλογισμούς του σχετικά με τις αδυναμίες του συστήματος του Πτολεμαίου.

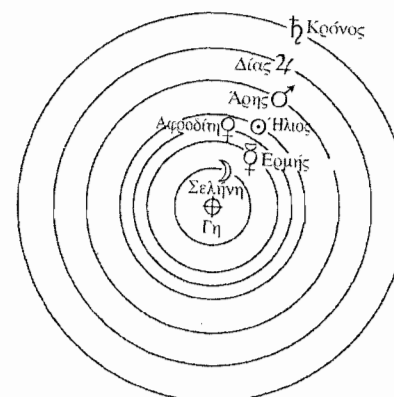
Προτού ο Πτολεμαίος γράψει την *Αλμαγέστη*, και άλλοι Έλληνες είχαν ασπαστεί το μοντέλο όπου η Γη και οι πλανήτες περιστρέφονταν γύρω από έναν Ήλιο που βρισκόταν στο κέντρο. Όμως δεν είχαν προχωρήσει το συλλογισμό τους για να σχηματίσουν ένα πλήρες σύστημα όπως ο Πτολεμαίος και γι' αυτό τα ονόματα των περισσότερων τους ξεχάστηκαν. Επειδή δεν ήταν ευχαριστημένος με εκείνο που θεωρούσε ελλιπές μοντέλο, ο Κοπέρνικος άρχισε να φλερτάρει με την ιδέα ενός ηλιοκεντρικού συστήματος, παρότι γενικά ασπαζόταν την επικρατούσα άποψη και θεωρούσε ότι πρέπει να ήταν μια γελοία ιδέα. Εντούτοις, όσο περισσότερο την εφάρμοζε στην παρατηρούμενη συμπεριφορά των πλανητών, τόσο πιο λογική του φαινόταν.

Υπήρχε ένα φαινόμενο, η λεγόμενη «ανάδρομη» κίνηση

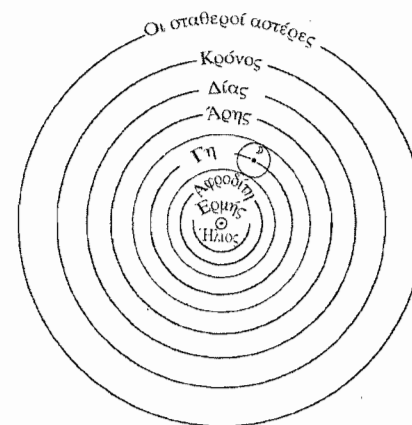
των πλανητών Άρη, Δία και Κρόνου, που απαιτούσε μια ιδιαίτερα περίπλοκη εξήγηση στο μοντέλο του Πτολεμαίου. Κατά καιρούς αυτοί οι πλανήτες σταματούσαν το ταξίδι τους με φόντο τα αστέρια, γύριζαν για λίγο πίσω και κατόπιν άρχιζαν πάλι να κινούνται προς τα εμπρός. Ο Κοπέρνικος συνειδητοποίησε ότι αυτό ακριβώς θα περίμενε κανείς να παρατηρήσει αν αυτοί οι πλανήτες περιστρέφονταν γύρω από τον Ήλιο, ενώ η Γη, στο συντομότερο ταξίδι της, τους προσπερνούσε εσωτερικά.

Όντας ευχαριστημένος με την απλότητα του μοντέλου του, φοβόταν τη γελοιοποίηση σε περίπτωση που θα αποφάσιζε να δημοσιεύσει μια τόσο επαναστατική πρόταση. Πιθανόν να μην την είχε δημοσιοποιήσει ποτέ αν, το 1539, κάποιος νεαρός μαθηματικός δεν είχε ταξιδέψει από τη Γερμανία για να τον βρει.

Ο θαυμαστής του Κοπέρνικου λεγόταν Ρέτικους, ήταν καθηγητής μαθηματικών στο πανεπιστήμιο του Βίτενμπουργκ και είχε διαβάσει τη *Μικρή συγγραφή* του Κοπέρνικου όταν είχε κυκλοφορήσει, περίπου είκοσι πέντε χρόνια ωρίτερα. Παίρνοντας θάρρος από τον ενθουσιασμό του νέου μαθητή του, και έχοντας ανακαλύψει ότι κι ο ίδιος ο Πάπας επιθυμούσε να δει τυπωμένες τις ιδέες του, ο Κοπέρνικος συμφώνησε να αφήσει τον Ρέτικους να εποπτεύσει την έκδοσή τους σε ένα σύγγραμμα με τίτλο *Εξάτομο βιβλίο σχετικά με τις περιστροφικές κινήσεις των ουράνιων σωμάτων*, που εκδόθηκε το 1543. Σύμφωνα με ένα θρύλο, τα πρώτα αντίτυπα βγήκαν από το τυπογραφείο την ημέρα του θανάτου του Κοπέρνικου.



Εικόνα 4. Το ηλιακό σύστημα σύμφωνα με τον Πτολεμαίο (περ. 140 μ.Χ.)



Εικόνα 5. Το ηλιακό σύστημα σύμφωνα με τον Κοπέρνικο (1543)

Ο ΗΛΙΟΣ Ο πλησιέστερος προς τη Γη αστέρας, ο Ήλιος, φαίνεται ότι έχει ειδική σημασία για εμάς, αλλά σε σχέση με το υπόλοιπο σύμπαν είναι ένα αρκετά συνηθισμένο ουράνιο σώμα. Είναι ένας αστέρας μέσης κατηγορίας, αφού δεν είναι ούτε ιδιαίτερα μεγάλος ούτε ιδιαίτερα μικρός. Πρόκειται για

μια σφαίρα από καυτά αέρια, κυρίως υδρογόνο (περίπου το 75%) και ήλιον (περίπου το 25%), και αποτελεί απλώς ένα από τα πολλά εκατοντάδες δισεκατομμύρια αστέρια που περιστρέφονται στο Γαλαξία – το κοντινό μας σύμπαν, που έχει μορφή δίσκου. Ο Ήλιος, κατέχοντας μια θέση αρκετά μακριά από το κέντρο αυτού του δίσκου, περιστρέφεται με ταχύτητα 241 χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο. Ακόμα και με αυτή την ταχύτητα, χρειάζεται πάνω από 200 εκατομμύρια χρόνια για να γυρίσει μία φορά το Γαλαξία. Η μέση απόσταση του Ήλιου από τη Γη είναι 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα, αλλά επειδή η τροχιά περιστροφής της Γης γύρω από τον Ήλιο είναι ελλειπτική, και όχι κυκλική, η πραγματική απόσταση ποικίλλει γύρω στο 1% σε κάθε πλευρά αυτού του σχήματος. Το ηλιακό φως χρειάζεται 8 λεπτά και 20 δευτερόλεπτα για να φτάσει στη Γη.

ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ

Διάμετρος: 1.400.000 χμ. (100 φορές τη διάμετρο της Γης)
 Όγκος: 1.300.000 φορές τον όγκο της Γης
 Μάζα: 330.000 φορές τη μάζα της Γης
 Μέση πυκνότητα*: 1,4
 Περίοδος περιστροφής: 25 ημέρες
 Επιφανειακή θερμοκρασία (καταμετρημένη): 5.500°C
 Θερμοκρασία πυρήνα (εκτίμηση): 15.000.000°C

* Η μέση πυκνότητα του νερού είναι 1.

Ο Ήλιος συνοδεύεται στο ταξίδι του από τους συνοδούς πλανήτες, οι οποίοι αποτελούν την...

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ

	Διάμετρος (εκατ. χμ.)	Μέση απόσταση από τον Ήλιο (εκατ. χμ.)	Περίοδος περιστροφής (ημέρες)
Ερμής	4.900	58	88
Αφροδίτη	12.100	108	225
Γη	12.800	150	365
			(έτη)
Άρης	6.800	228	2
Δίας	143.000	779	12
Κρόνος	120.600	1.433	29
Ουρανός	51.200	2.873	84
Ποσειδώνας	49.600	4.495	165
Πλούτωνας	2.400	5.870	248

ΟΙ ΑΣΤΕΡΟΕΙΔΕΙΣ Οι πλανήτες είναι τα μεγαλύτερης ηλικίας μέλη της οικογένειας του Ήλιου. Όμως έχουν ένα πλήθος από μικρά αδέρφια –τους αστεροειδείς– που κινούνται εδώ κι εκεί σαν παιδιά που παίζουν σε έναν ήσυχο δρόμο πάνω σε πατίνια: συνήθως καταφέρνουν να μην μπερδεύονται στην κίνηση, αλλά κατά καιρούς δεν κατορθώνουν να παραμερίσουν έγκαιρα.

Οι αστεροειδείς κινούνται κατά κύριο λόγο σε μια ζώνη ανάμεσα στις τροχιές του Άρη και του Δία, αλλά κάποιων η τροχιά βρίσκεται ανησυχητικά κοντά στην τροχιά της Γης. Μερικοί είναι μάζες από μέταλλα ή πετρώματα και μέταλλα –κατεξοχήν σίδηρο– αλλά οι περισσότεροι είναι απλώς βράχοι. Πιστεύεται ότι είναι υπολείμματα ύλης που δεν κατόρθω-

σε να γίνει πλανήτης. Ο Δημήτηρ (Ceres), που είναι ο μεγαλύτερος, ανακαλύφθηκε το 1801 και έχει μήκος 1.000 περίπου χιλιομέτρων, δηλαδή η διάμετρός του είναι περίπου το ένα τρίτο της Σελήνης. Υπάρχουν γύρω στους τριάντα που έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από 150 χιλιόμετρα.

Η απάντηση στο ερώτημα «πόσοι αστεροειδείς υπάρχουν;» εξαρτάται από το πόσο μεγάλο όγκο θεωρεί κανείς ότι έχει ένας αστεροειδής. Αν δεν είναι λεπτολόγος, η απάντηση είναι «εκατομμύρια». Περισσότεροι από 50.000 έχουν αποκτήσει όνομα ή είναι αριθμημένοι, ενώ ακόμα και ο μικρότερος θα μπορούσε να δώσει στη Γη ένα δυνατό «χαστούκι»: ένας αστεροειδής με πλάτος 1,5 χιλιόμετρα που θα εισέλθει στη γήινη ατμόσφαιρα με ταχύτητα 80.000 χιλιομέτρων την ώρα θα προκαλέσει ένα αρκετά μεγάλο τράνταγμα, πράγμα που έχει συμβεί περισσότερες από μία φορές, όπως δείχνει το γεωλογικό ιστορικό της Γης.

Το θέμα δεν είναι αν ένας μεγάλος αστεροειδής θα βρεθεί στην τροχιά της Γης, αλλά πότε θα συμβεί κάτι τέτοιο. Ευτυχώς αυτό δε συμβαίνει συχνά, αλλά και όταν συμβεί δε θα το ακούσουμε να έρχεται. Ούτε καν θα το δούμε, εκτός αν τυχαίνει και κοιτάζουμε προς την κατεύθυνσή του λίγο προτού μας χτυπήσει. Συνεπώς δεν πρέπει να ανησυχούμε.

Η ΖΩΝΗ ΤΟΥ ΚΑΪΠΕΡ Η ζώνη αστεροειδών ανάμεσα στον Άρη και τον Δία έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης των αστρονόμων εδώ και διακόσια χρόνια. Μόλις τις τελευταίες δεκαετίες όμως έχουμε εντοπίσει κάποια παρόμοια ομάδα σωμάτων που κυκλοφορούν στις παρυφές του ηλιακού μας συστήματος. Η ομάδα αυτή είναι η Ζώνη του Κάιπερ, μια περιοχή λίγο έξω από την τροχιά του Ποσειδώνα, στην οποία

απαντώνται εκατομμύρια όγκοι πάγου που θυμίζουν κομήτη, σε αντίθεση με τους αστεροειδείς της εσωτερικής ζώνης που μοιάζουν με βράχους. Ο μεγαλύτερος που έχει ανακαλυφθεί μέχρι στιγμής έχει διάμετρο 1.300 χιλιομέτρων περίπου. Μερικοί αστρονόμοι θεωρούν ότι ο «πλανήτης» Πλούτωνας, που έχει πολύ εκκεντρική τροχιά, και ο οποίος συνίσταται κυρίως από βράχους και πάγο, στην πραγματικότητα συγκαταλέγεται στα σώματα της Ζώνης του Κάιπερ. Όμως, προς στιγμής τουλάχιστον, η Διεθνής Ένωση Αστρονόμων συνεχίζει να τον χαρακτηρίζει πλανήτη.

ΟΙ ΜΕΤΕΩΡΙΤΕΣ Ερώτηση: Πότε ένας αστεροειδής δεν είναι αστεροειδής; Απάντηση: Όταν είναι μετεωρίτης. Όσο ένας όγκος από βράχο ή σίδηρο κινείται κατά μήκος της τροχιάς του γύρω από τον Ήλιο, τον χαρακτηρίζουμε αστεροειδή. Αν βρούμε κάποιον μετά την πτώση του, τον ονομάζουμε μετεωρίτη.

Η πορεία των μικρών μετεωριτών επιβραδύνεται σημαντικά μόλις εισέλθουν στην ατμόσφαιρα της Γης και στη διάρκεια αυτής της διαδικασίας ένα μεγάλο τμήμα της μάζας τους ατμοποιείται. Όμως αρκετοί πέφτουν κάθε χρόνο στο έδαφος και η επιφάνεια της Γης είναι γεμάτη με τα υπολείμματά τους. Ευτυχώς η επιφάνεια της Γης καλύπτεται κυρίως από θάλασσα και ακατοίκητα εδάφη, και έτσι οι μετεωρίτες σπάνια πλήττουν κάτι που έχει σημασία. Μέχρι στιγμής δεν υπάρχουν στοιχεία που να δείχνουν ότι κάποιος σκοτώθηκε ή τραυματίστηκε από μετεωρίτη. Ωστόσο, η δυνατότητά τους να προκαλέσουν ζημιά είναι θεαματική. Ένας μετρίου μεγέθους μετεωρίτης, που δεν είναι πολύ μεγαλύτερος από ένα σπίτι, κινούμενος με ταχύτητα 800 χιλιομέτρων το λεπτό, διαθέτει δύνα-

μη ανάλογη με τη βόμβα που κατέστρεψε τη Χιροσίμα. Τέτοιου είδους συγκρούσεις συμβαίνουν κατά μέσο όρο μία φορά κάθε 5.000 χρόνια.

Κατά καιρούς, η Γη συναντιέται με ένα μεγάλο μετεωρίτη. Υπάρχει ένας θαμμένος κρατήρας πλάτους 200 χιλιομέτρων στο Τσικουλούμπ, στη χερσόνησο Γιουκατάν του Μεξικού, που δημιουργήθηκε πριν από 65 εκατομμύρια χρόνια από ένα μετεωρίτη πλάτους 10 περίπου χιλιομέτρων. Το νέφος από τα θραύσματα που διασκορπίστηκαν στον κόσμο ύστερα από τη σύγκρουση πιθανόν να έπαιξε κάποιο ρόλο στην εξαφάνιση των δεινοσαύρων.

Για όσους μπορεί να φοβούνται, θα τους βοηθήσει να γνωρίζουν ότι είναι μικρότερη η πιθανότητα να χτυπηθούν από μετεωρίτη κατά τη διάρκεια του πρωινού τους περιπάτου παρά κατά τη διάρκεια του βραδινού.

ΟΙ ΚΟΜΗΤΕΣ Υπάρχει μία άλλη πολύ διαφορετική κατηγορία σωμάτων που περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο: οι κομήτες. Αυτοί δεν είναι πολύ μεγάλοι. Οι μεγαλύτεροι έχουν μήκος μερικά μόνο χιλιόμετρα ενώ οι περισσότεροι είναι πολύ μικρότεροι. Αυτοί είναι κυρίως μάζες παγωμένου νερού αναμειγμένου με παγωμένο μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα κτλ. Τούτο όμως δεν τους καθιστά ακίνδυνους. Εκείνο που έχει σημασία είναι ο συνδυασμός της ταχύτητας και της μάζας. Οι κομήτες, οι οποίοι στην πλειονότητά τους προέρχονται από την άλλη άκρη του ηλιακού μας συστήματος, κινούνται με πολύ εντυπωσιακές ταχύτητες. Αν η Γη συγκρουόταν με έναν κομήτη, σίγουρα θα το αντιλαμβανόμασταν. Οι τροχιές τους είναι πιο έντονα ελλειπτικές από εκείνες των πλανητών. Αυτοί πλησιάζουν τον Ήλιο και μετά απομακρύνονται. Μερι-

κοί επιστρέφουν ύστερα από μερικά χρόνια, αλλά άλλοι ταξιδεύουν τόσο μακριά στο Διάστημα, ώστε κάποιες φορές χάνονται για αιώνες ολόκληρους.

Την εποχή που η αστρολογία αποτελούσε το σκοπό και η αστρονομία ήταν απλώς το μέσο για την επίτευξή του, οι κομήτες αντιμετωπιζόνταν με προληπτικό δέος. Λόγω του ότι εμφανίζονταν από το πουθενά και πλησίαζαν με το ολόφωτεινο κεφάλι τους και τη μακριά ουρά, και επειδή κινούνταν αργά στον ουρανό για πολλές εβδομάδες, θεωρούνταν προπομποί σημαντικών γεγονότων.

Μόνο όταν οι κομήτες πλησιάσουν τον Ήλιο παίρνουν τη μορφή που αρέσει στους ζωγράφους να τους δίνουν. Κάτω από την επίδραση της ηλιακής θερμότητας, ένα μέρος του υλικού σύστασής τους εξαερώνεται και ο *ηλιακός άνεμος* – ένα ρεύμα φορτισμένων σωματιδίων που εκπέμπει ο Ήλιος – ωθεί αυτό το εξατμισμένο υλικό μακριά από το κυρίως σώμα του κομήτη. Έτσι δημιουργείται η «ουρά» του κομήτη, η οποία βρίσκεται πάντα σε κατεύθυνση αντίθετη από τον Ήλιο. Η ουρά αυτή κινείται αργά όταν ο κομήτης προσεγγίζει τον Ήλιο, αλλά στην πραγματικότητα στρέφεται προς τα εμπρός όταν απομακρύνεται.

Οι περισσότεροι *βραχυπερίοδοι* κομήτες –όσοι έχουν περίοδο περιφοράς μικρότερη των 200 χρόνων– πιστεύεται ότι προέρχονται από μια περιοχή πέραν του Ποσειδώνα που είναι γνωστή ως Ζώνη του Κάιπερ και έχουν παρεκτραπεί εξαιτίας της βαρυτικής έλξης των μεγαλύτερων πλανητών. Οι *μακροπερίοδοι* κομήτες πιστεύεται ότι προέρχονται από μια ακόμα πιο μακρινή περιοχή, γνωστή ως Νέφος του Όορτ. Το Νέφος του Όορτ, που βρίσκεται πολύ πέρα από την τροχιά του Πλούτωνα, περιέχει εκατομμύρια κομήτες.

Μερικοί από αυτούς είναι σημαντικού μεγέθους. Κάθε τόσο κάποιος διαταράσσεται από τη βαρυτική έλξη ενός πλανήτη ή ενδεχομένως κάποιου κοντινού αστέρα, και αρχίζει να κατευθύνεται προς τον Ήλιο. Ευτυχώς δεν αποφάσισε κανένας τέτοιος να μας επισκεφθεί.

ΔΙΑΤΤΟΝΤΕΣ ΑΣΤΕΡΕΣ ΚΑΙ ΒΡΟΧΗ ΜΕΤΕΩΡΩΝ Τα μετέωρα, διάττοντες αστέρες ή «πεφταστέρια» διαφέρουν από τους μετεωρίτες. Οι διάττοντες αστέρες είναι μικροσκοπικά θραύσματα πέτρας ή σκόνη και καίγονται ολοκληρωτικά από την τριβή της διέλευσής τους μέσω της ανώτερης ατμόσφαιρας. Φαίνονται σαν φωτεινές κορδέλες πάνω στον ουρανό και διαρκούν ένα δευτερόλεπτο ή λιγότερο. Μερικοί ταξιθεύουν σε ομάδες ακολουθώντας τους κομήτες. Όταν η Γη περάσει από την τροχιά τους, δέχεται μια βροχή από διάττοντες αστέρες ή αλλιώς βροχή μετεώρων. Η βροχή μετεώρων δεν είναι τόσο θεαματική όσο ακούγεται, αλλά μερικές μπορούν να «σερβίρουν» αρκετούς αστέρες ανά λεπτό. Οι τακτικές βροχές μετεώρων παίρνουν το όνομά τους από τον αστερισμό από τον οποίο φαίνεται να προέρχονται. Οι πιο γνωστές είναι οι παρακάτω:

Όνομασία βροχής	Ημερομηνία (και κορύφωση)
Τεταρτοκυκλίδες	1-5 Ιανουαρίου (4 Ιαν.)
Λυρίδες	16-25 Απριλίου (22 Απρ.)
Περσεΐδες [*]	23 Ιουλίου-22 Αυγούστου (12 Αυγ.)
Ωριωνίδες	2 Οκτωβρίου-4 Νοεμβρίου (21 Οκτ.)
Λεοντίδες	14 Νοεμβρίου-21 Νοεμβρίου (17 Νοεμ.)
Διδυμίδες	6-19 Δεκεμβρίου (13 Δεκ.)

ΤΙ ΚΑΝΕΙ ΠΙΘΑΝΗ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ Μερικά πράγματα στην Ιστορία μάς είναι τόσο οικεία, ώστε δεν έχουμε αναρωτηθεί ποτέ γιατί συνέβησαν στο χρόνο και στον τόπο που συνέβησαν, και όχι σε κάποια άλλη εποχή και σε κάποιον άλλο τόπο. Η ιστορία της επιστήμης είναι ένα από τα πράγματα που θεωρούμε δεδομένα. Αν όμως το καλοσκεφτούμε, κατά βάθος υπάρχει κάποιος γρίφος.

Η ελληνική επιστήμη ήταν μοναδική στην αρχαιότητα. Οι Κινέζοι ανέπτυξαν ένα σπουδαίο πολιτισμό. Και η τεχνολογία τους από πολλές απόψεις προηγούνταν εκατοντάδες χρόνια από εκείνη του υπόλοιπου κόσμου. Ναυσιπλοΐα, οπλουργία και γεωργία, δρόμοι, γέφυρες και κλειδαριές, χαρτί και τυπογραφία – ο κατάλογος με τις καινοτομίες τους είναι μακρύς. Τίποτα τέτοιο δεν είχε εμφανιστεί νωρίτερα. Και ο κόσμος δε θα συναντούσε τίποτα εφάμιλλο πριν από τη Γεωργική και τη Βιομηχανική Επανάσταση στα πρώτα στάδια της σύγχρονης Ευρώπης. Όμως όσο κι αν προσπαθεί κανείς να βρει κάτι αντίστοιχο της κινεζικής επιστήμης, τόσο συνειδητοποιεί ότι οι Κινέζοι, ως προς τα επιστημονικά τους επιτεύγματα, αποτελούν απλώς ένα ξεχωριστό, μοναδικό φαινόμενο. Ακόμα και ο ιστορικός Τζόζεφ Νίνταμ, που έκανε γνωστά στον κόσμο τα κινεζικά επιτεύγματα στην τεχνολογία, ομολόγησε ότι τον προβλημάτισε το γεγονός πως κανένας άλλος δεν κατάφερε να σημειώσει ανάλογη πρόοδο στην επιστήμη.

Τώρα ας εξετάσουμε τους Ρωμαίους. Και αυτοί ανέπτυξαν ένα σπουδαίο πολιτισμό. Και αυτοί διέθεταν θαυμαστή τεχνολογία. Δεν εφεύραν το χαρτί ή την πυρίτιδα, αλλά σε ό,τι είχε σχέση με την οδοποιία και τις γέφυρες, τα υδραγωγεία και τα λουτρά, τις επικοινωνίες και τη διοίκηση μιας

μεγάλης αυτοκρατορίας, μπορούν εύκολα να θεωρηθούν εφάμιλλοι των Κινέζων. Εντούτοις, εκατοντάδες χρόνια ρωμαϊκού πολιτισμού δεν παρήγαγαν σχεδόν τίποτα που να αξίζει να χαρακτηριστεί επιστημονική πρόοδος. Οι Ρωμαίοι είχαν Έλληνες δούλους και πρόσβαση σε ολόκληρη την ελληνική επιστήμη και θα μπορούσαν να το είχαν εκμεταλλευτεί αυτό, αν είχαν νιώσει το κίνητρο. Όμως, όταν τα κλασικά έργα της ελληνικής επιστήμης άρχισαν να μεταφράζονται στη λατινική γλώσσα κατά τον δέκατο έκτο αιώνα, για τα περισσότερα κείμενά τους οι μεταφραστές έπρεπε να στραφούν στις αραβικές εκδόσεις.

Ανάπτυξη και ακμή της επιστήμης έχει εμφανιστεί δύο μόνο φορές στην παγκόσμια Ιστορία. Και ανάμεσα στο λυκόφως του ελληνικού κόσμου και την αυγή της σύγχρονης επιστημονικής εποχής μεσολάβησε ένα διάστημα μιάμισης χιλιετίας, στη διάρκεια του οποίου ελάχιστα προστέθηκαν στο απόθεμα της παγκόσμιας επιστημονικής γνώσης που να έχουν σημασία ή ουσιαστικό αντίκτυπο. Γιατί συνέβη αυτό; Δεν πρέπει να οφείλεται στα γονίδια. Οι Έλληνες δεν ήταν πιο έξυπνοι από τους Ρωμαίους ή τους Κινέζους, ούτε οι κάτοικοι της Ευρώπης ήταν πιο έξυπνοι από τους Αζτέκους ή το λαό της Μεγάλης Ζιμπάμπουε. Ίσως το μυστικό είναι η οικονομία. Η επιστήμη μπορεί να ευημερήσει μόνο σε κοινωνίες που είναι αρκετά πλούσιες ώστε να δώσουν τη δυνατότητα σε πολλούς ανθρώπους να καθίσουν και να σκεφτούν και να συζητήσουν όλοι μαζί. Ούτε όμως ο πλούτος και ησχόλη, αλλά και η αστική διαβίωση μπορούν να αποτελούν την εξήγηση σε όλα αυτά, γιατί τότε η αρχαία Ρώμη και η κλασική Κίνα θα ήταν κοιτίδες της επιστήμης. Η ερμηνεία πρέπει να έχει τόσο πολιτισμικό όσο και οικονομικό υπόβα-

θρο. Μερικές κοινωνίες είναι οργανωμένες με τρόπους –και αναπτύσσουν συνήθειες σκέψης– που καθιστούν δυνατή την πρόοδο της επιστήμης. Άλλες, εξίσου ευημερούσες, έχουν κοινωνικά και πολιτικά συστήματα, κώδικες πεποιθήσεων και τρόπους σκέψης που στραγγαλίζουν την επιστήμη. Οι κοινωνίες που αντιμετωπίζουν με υπερβολικό δέος το παρελθόν δεν μπορούν να υιοθετήσουν την τολμηρή στάση προς τις παραδεδεγμένες ιδέες η οποία θα οδηγήσει σε νέες αντιλήψεις. Οι κοινωνίες με ισχυρό ιερατείο είναι καταδικασμένες να φυλακίζουν ή με κάποιο τρόπο να καταπιέζουν αυτούς που απειλούν το μονοπώλιο της ερμηνείας. Όπου η ελευθερία του λόγου και της σκέψης φιμώνονται, το πνεύμα αλλά και το σώμα σαπίζουν αλυσοδεμένα.

Η επιστήμη είναι ένα φυτό που χρειάζεται ευνοϊκές συνθήκες για να βλαστήσει. Δεν μπορεί να αναπτυχθεί σε έναν άγριο τόπο, ούτε ευδοκιμεί σε σκοτεινά δωμάτια. Αναπτύσσεται καλύτερα σε πόλεις –μεταξύ των οποίων και οι λεγόμενες πανεπιστημιούπολεις– και τρέφεται από τους ανθρώπους που έχουν τα μέσα και το χρόνο να ασχοληθούν με αυτήν. Χρειάζεται φως και αέρα, και γόνιμο έδαφος. Στην Ευρώπη του δέκατου έκτου και του δέκατου έβδομου αιώνα οι κατάλληλες συνθήκες υπήρχαν και η επιστήμη σημείωσε πολύ μεγάλη ανάπτυξη.

ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ Η εξάπλωση της επιστημονικής γνώσης που σημειώθηκε στις αρχές του δέκατου έβδομου αιώνα συχνά αποδίδεται στην εκ νέου ανακάλυψη της αρχαίας γνώσης που πυροδότησε το φαινόμενο της Αναγέννησης. Ωστόσο, όσο περισσότερο εξετάζει κάποιος αυτή την εξήγηση, τόσο πιο ανεπαρκή τη βρίσκει. Ανάμεσα

στον Αρχιμήδη και τον Ερατοσθένη μεσολάβησαν τετρακόσια χρόνια υποθέσεων σχετικά με τον φυσικό κόσμο από μερικά από τα λαμπρότερα πνεύματα που γνώρισε η επιστήμη. Όμως δεν μπορούμε να πούμε ότι βοήθησαν στη συσσώρευση ενός τεράστιου αποθέματος γνώσης σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας του φυσικού κόσμου. Αν η επιστήμη κινούνταν με τον ίδιο ρυθμό και το 1600 και το 2000, ξεκινώντας από τη γνώση που διέθεταν οι Έλληνες και χρησιμοποιώντας τα εργαλεία που χρησιμοποίησαν οι Έλληνες, δε θα είχαν γίνει πολλές προσθήκες στο απόθεμα γνώσεων που κληρονομήσαμε από αυτούς. Η εκ νέου ανακάλυψη της αρχαίας γνώσης σίγουρα αποτέλεσε ένα έναυσμα. Όμως χρειαζόταν κάτι έξω από την επιστήμη για να την προωθήσει και να τη θέσει σε τροχιά. Κάτι το οποίο ούτε οι Έλληνες, ούτε οι Άραβες, ούτε οι Κινέζοι διέθεταν. Αυτό το κάτι ήταν η σωστή τεχνολογία.

Ο ορισμός που δίνουν στην τεχνολογία πολλά λεξικά είναι «εφαρμοσμένη επιστήμη», αλλά τώρα πλέον το να ορίζεις την τεχνολογία ως εφαρμοσμένη επιστήμη είναι σαν να ορίζεις την κότα ως εφαρμοσμένο... αυγό. Η κότα όντως γεννιέται από το αυγό, αλλά και το αυγό προέρχεται από την κότα. Είναι αληθές ότι μεγάλο μέρος της νέας τεχνολογίας έχει προέλθει από την εφαρμογή των επιστημονικών ανακαλύψεων, αλλά είναι εξίσου αληθές ότι οι επιστημονικές ανακαλύψεις πολλές φορές υπήρξαν το αποτέλεσμα της εκμετάλλευσης της νέας τεχνολογίας. Η επιστήμη και η τεχνολογία είναι απλώς δύο διαφορετικές αντιδράσεις προς τις δυνάμεις της φύσης: η επιστήμη είναι η προσπάθεια της ανθρωπότητας να τις εξηγήσει· η τεχνολογία είναι η προσπάθεια της ανθρωπότητας να τις εκμεταλλευτεί. Και η πρόοδος

στη μία από τις δύο μπορεί να αποτελέσει πηγή προόδου για την άλλη.

Η ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΤΥΠΟΓΡΑΦΙΑΣ Από όλες τις τεχνικές καινοτομίες που εγκαινίασαν την εποχή της σύγχρονης επιστήμης, ξεχωρίζει μία: η εφεύρεση της τυπογραφίας. Ή μάλλον, η εφεύρεση της εκτυπωτικής μηχανής με τη χρήση κινητών στοιχείων. Η τυπογραφία αυτή καθεαυτήν δεν ήταν καινούργια. Οι Κινέζοι τύπωναν βιβλία εκατοντάδες χρόνια πριν. Το νέο ήταν η τυπογραφία υπό τη μορφή μαζικής παραγωγής. Κατά τον δέκατο πέμπτο αιώνα η κινεζική επιστήμη και τεχνολογία ήταν εφάμιλλες των ευρωπαϊκών, αλλά η κινεζική παραγωγή βιβλίων ήταν ανώτερη. Η Ευρώπη είχε όμορφα χειρόγραφα. Ήταν όμως χειροποίητα προϊόντα, γραμμένα με φτερό πτηνού, και πολλά από αυτά συνέχιζαν ακόμα να γράφονται σε δέρμα προβάτου. Οι Κινέζοι είχαν όμορφα χειρόγραφα και όμορφα βιβλία τυπωμένα στο χαρτί που οι ίδιοι είχαν εφεύρει. Εντούτοις, τα βιβλία τους είχαν υψηλό κόστος παραγωγής. Τα τύπωναν με πέτρινες πλάκες και κάθε σελίδα χρειαζόταν τη δική της πλάκα. Από τη στιγμή που θα είχαν ετοιμαστεί οι πλάκες, μπορούσαν να τυπωθούν πολλά αντίτυπα, αλλά η χάραξη των πλακών με την περίπλοκη κινεζική γραφή και ο μετέπειτα εμποτισμός με μελάνι ήταν χρονοβόρες διαδικασίες.

Στα τέλη του δέκατου πέμπτου αιώνα στην Ευρώπη μια σειρά από προηγούμενες εφευρέσεις συνδυάστηκαν για να γεννηθεί αυτό που σήμερα ονομάζουμε τυπογραφία. Αυτό, περισσότερο από κάθε άλλο μεμονωμένο παράγοντα, ήταν που διασφάλισε ότι η Ευρώπη θα γινόταν το λίκνο της σύγχρονης επιστήμης. Πρόκειται για ένα από τα πιο σημαντικά

γεγονότα στην Ιστορία. Αν η Επιστημονική Επανάσταση, η Γεωργική Επανάσταση και η Βιομηχανική Επανάσταση αξίζει να γραφούν με πεζοκεφαλαία γράμματα, το ίδιο ισχύει και για την Τυπογραφική Επανάσταση.

ΑΛΦΑΒΗΤΟ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΑ ΤΥΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ Μία καινοτομία που βοήθησε την Τυπογραφική Επανάσταση, το αλφάβητο, ήταν κάτι που είχε ανακαλυφθεί πριν από δυόμισι χιλιάδες χρόνια. Η έξυπνη αυτή ιδέα, που δίνει τη δυνατότητα έκφρασης κάθε σκέψης και μετάδοσης κάθε πληροφορίας με τη χρήση περίπου 20 απλών συμβόλων μόνο, γεννήθηκε στην ανατολική Μεσόγειο γύρω στο 1000 π.Χ. Την υιοθέτησαν οι Έλληνες και στη συνέχεια οι Ρωμαίοι. Μέχρι το 1400 όλες οι ευρωπαϊκές γλώσσες είχαν αποκτήσει κάποια μορφή αλφαβήτου, που αποτελούσε το γραπτό τους μέσο.

Μία άλλη καινοτομία-κλειδί ήταν η χρήση των κινητών τυπογραφικών στοιχείων, που ήταν φτιαγμένα από χυτό μέταλλο. Αυτή δεν πρόκειται για αμιγώς ευρωπαϊκή εφεύρεση. Οι Κορεάτες χρησιμοποιούσαν κινητά τυπογραφικά στοιχεία διακόσια χρόνια νωρίτερα και είχαν μεταδώσει την ιδέα στους Κινέζους. Στην ανατολική Ασία δε βρήκε μεγάλη αποδοχή, επειδή ο τεράστιος αριθμός συμβόλων που απαιτούνταν ισοδυναμούσε με μεγάλο κόστος. Για τους Ευρωπαίους ήταν πολύ πιο εύκολο να εκμεταλλευτούν τα κινητά τυπογραφικά στοιχεία επειδή ο αριθμός των γραμμάτων που χρειαζόνταν και η επένδυση κεφαλαίου που έπρεπε συνενπώς να γίνει ήταν πολύ πιο περιορισμένα απ' ό,τι ίσχυε για κείμενα σαν τα κινεζικά ή τα ιαπωνικά. Επίσης μικρότερο ήταν το κόστος της στοιχειοθεσίας και ο απαιτούμενος χρόνος.

Έχοντας ως δεδομένο το αλφάβητο και τα κινητά τυπογραφικά στοιχεία, χρειαζόταν απλώς μία άλλη εφεύρεση, το πιεστήριο, για να φέρει την επανάσταση. Δεν πρέπει να μας εκπλήσσει το γεγονός ότι η επανάσταση έγινε στην Ευρώπη, όπου ο κόσμος χρησιμοποιούσε τη βιδωτή πρέσα για να συνθλίβει τις ελιές και τα σταφύλια από την εποχή της εφεύρεσής της από τους Ρωμαίους.

Όλες αυτές οι σημαντικές εφευρέσεις – το χαρτί, το μελάνι που απλωνόταν ομοιόμορφα, το αλφάβητο, τα κινητά τυπογραφικά στοιχεία και το πιεστήριο – ήρθαν τελικά σε συνδυασμό στην πόλη Μάιντς της Γερμανίας. Ήταν κάπου στη δεκαετία του 1450 και ο υπεύθυνος για όλο αυτό ήταν ένας έμπειρος σιδηρουργός, ο Γιοχάνες Γκένσφλαϊς Γκούτενμπεργκ – ή αλλιώς, Ιωάννης Γουτεμβέργιος.

Η ΑΓΟΡΑ ΤΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ Ο Γουτεμβέργιος δεν ήταν επιστήμονας ούτε ενδιαφερόταν για την πρόοδο της επιστημονικής μάθησης ή κάποιο άλλο είδος μάθησης. Ήταν απλώς ένας επιχειρηματίας που διέκρινε μια ευκαιρία και αποφάσισε να την εκμεταλλευτεί.

Στην Ευρώπη του δέκατου πέμπτου αιώνα υπήρχε μια ανικανοποίητη ζήτηση για τον έντυπο λόγο. Η αύξηση της ευημερίας είχε δημιουργήσει μια νέα τάξη ανθρώπων που είχαν χρήματα να δαπανούν στην ψυχαγωγία. Όποιος μπορούσε να τους προμηθεύσει ιστορίες για να διαβάσουν μπορούσε να αξιοποιήσει μια έτοιμη αγορά. Η ευημερία είχε δημιουργήσει όμως και μια νέα τάξη λογίων. Στο διάστημα από το 1400 μέχρι το 1500 ο αριθμός των πανεπιστημίων στην Ευρώπη αυξήθηκε από 20 σε 70. Οι εκκλησίες παρείχαν μια ιδιαίτερα ελκυστική αγορά που ζητούσε αντίτυπα

της Βίβλου και βιβλία προσευχών. Η ευκαιρία ήταν οφθαλμοφανής και ο Γουτεμβέργιος ήταν απλώς ένας από τους πολλούς που ρίχτηκαν στον αγώνα για να αναπτύξουν μια νέα μέθοδο τυπογραφίας. Όμως εκείνος ήταν ο πρώτος απ' όλους. Το 1439 είχε ήδη αρχίσει να τυπώνει με ένα πιεστήριο με κινητά τυπογραφικά στοιχεία, παρόλο που δε διασώζεται κανένα από τα πρώτα έργα του. Σήμερα το όνομά του συνδέεται άρρηκτα με τη Βίβλο του Γουτεμβέργιου, η οποία τυπώνονταν ταυτόχρονα σε έξι πιεστήρια και κυκλοφόρησε το 1456.

Ο Γουτεμβέργιος δεν πλούτισε από την εφεύρεσή του. Αν τον δέκατο πέμπτο αιώνα υπήρχε νόμος περί ευρεσιτεχνίας, μπορεί να είχε γίνει ο Μπίλ Γκέιτς της εποχής του. Εκείνος όμως δεν εισέπραττε δικαιώματα από τους εκατοντάδες ανταγωνιστές τυπογράφους που εκμεταλλεύονταν την εφεύρεσή του. Και όταν χάλασε τη σχέση του με το συνεταίρο του που είχε χρηματοδοτήσει το τυπογραφείο του, έχασε και τον έλεγχο της επιχείρησής του. Πάντως συνέχισε να είναι ευνοούμενος του αρχιεπισκόπου, ο οποίος τον έκανε ευγενή, και φρόντισε ώστε να ζήσει με ασφάλεια τα τελευταία χρόνια της ζωής του.

Από τη στιγμή που ο Γουτεμβέργιος άνοιξε το δρόμο, άρχισε η μαζική παραγωγή βιβλίων. Οι τυπογράφοι δίδαξαν την τέχνη τους και σε άλλες χώρες. Το πρώτο τυπογραφείο της Ιταλίας δημιουργήθηκε το 1464, το Παρίσι απέκτησε τυπογραφία πριν από το 1470 και το Λονδίνο πριν από το 1476. Μέχρι το 1500 κάθε ευρωπαϊκή χώρα πλην της Ρωσίας είχε μπει στο χορό και 8 εκατομμύρια βιβλία σε 40.000 εκδόσεις είχαν παραχθεί και πουληθεί. Αυτή η έκρηξη της προσφοράς προκάλεσε με τη σειρά της περαιτέρω έκρηξη της

ζήτησης. Κανένας από αυτούς που ήταν σε θέση να μάθουν να διαβάζουν δεν επιτρεπόταν να μην το επιδιώξει.

ΤΑ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ Αν η τυπογραφία έκανε δυνατή τη σύγχρονη επιστήμη, οι τεχνολογίες που τη βοήθησαν να γεννηθεί ήταν η υαλουργία και η κατεργασία φακών. Οι φακοί δεν ήταν κάτι το καινούργιο. Τα γυαλιά οράσεως χρησιμοποιούνταν στην Ευρώπη και την Κίνα από τον δέκατο τρίτο αιώνα, αλλά κατασκευάζονταν από χαλαζία και όχι από γυαλί. Για τα γυαλιά διαβάσματος ο χαλαζίας ήταν κάτι ικανοποιητικό. Όμως για επιστημονικούς σκοπούς ήταν άχρηστος. Έπρεπε να κατασκευαστούν ισχυρά και διαφανή γυαλιά, να εφευρεθούν οι τεχνικές κατεργασίας του γυαλιού και να τελειοποιηθούν κατά τον δέκατο έκτο αιώνα ώστε να έχουν ουσιαστική αξία οι επιστημονικοί φακοί. Όταν επιτεύχθηκε αυτό, κατασκευάστηκαν δύο πανίσχυρα νέα εργαλεία: το μικροσκόπιο και το τηλεσκόπιο. Και οι ανακαλύψεις που έγιναν με αυτά τα εργαλεία ήταν εκείνες που έθεσαν την επιστήμη στην ανοδική πορεία που ακολούθησε έκτοτε.

Το τηλεσκόπιο και το μικροσκόπιο εμφανίστηκαν γύρω στο 1600. Ο εφευρέτης του ολοκληρωμένου μικροσκοπίου –αυτό το οποίο είχε κατασκευαστεί με δύο συνδυασμένους μεγεθυντικούς φακούς– ήταν ένας Ολλανδός που λεγόταν Ζαχαρίας Γιάνσεν και κατασκεύασε το πρώτο του μικροσκόπιο γύρω στο 1590. Ένας άλλος Ολλανδός, ο Άντον βαν Λέβενχουκ, ήταν αυτός που έδειξε στον κόσμο τις δυνατότητες του μικροσκοπίου με ένα μόνο φακό. Αλλά και το τηλεσκόπιο το εφείρε Ολλανδός. Η εφεύρεση αυτή κανονικά αποδίδεται σε κάποιον κατασκευαστή γυαλιών, τον

Χανς Λίπερσεϊ, ο οποίος ζούσε στο Μίντελμπουργκ, πρωτεύουσα της ολλανδικής επαρχίας Ζέελαντ. Λέγεται ότι είτε αυτός είτε ο βοηθός του ανακάλυψαν συμπτωματικά το τηλεσκόπιο το φθινόπωρο του 1608 όταν κοίταξαν μέσα από δύο φακούς το καμπαναριό μιας γειτονικής εκκλησίας. Ιδέα του Λίπερσεϊ ήταν να ενσωματωθούν οι φακοί μέσα σε ένα σωλήνα. Πούλησε την ιδέα του στην ολλανδική κυβέρνηση, η οποία αναγνώρισε τη σημασία της για το στρατό και προσπάθησε να κρατήσει την καινοτομία μυστική. Ήταν όμως κάτι που δεν μπορούσε να κρατηθεί μυστικό για πολύ. Μέχρι την επόμενη άνοιξη τα τηλεσκόπια πωλούνταν ως είδη νεωτερισμού στις υπαίθριες αγορές του Παρισιού. Τον Ιούλιο του 1609 η είδηση έφτασε στα αυτιά ενός 45χρονου Ιταλού μαθηματικού, του Γκαλιλέο Γκαλιλέι – δηλαδή, του Γαλιλαίου.

ΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ ΓΑΛΙΛΑΙΟΥ Ο Γαλιλαίος γεννήθηκε στην Πίζα στις 15 Φεβρουαρίου 1564. Ο πατέρας του ήταν μαθηματικός και υπέδειξε στο γιο του να σπουδάσει ιατρική. Όταν όμως ο Γαλιλαίος παρακολούθησε μια διάλεξη για τη γεωμετρία, άρχισε να μελετά τον Αρχιμήδη και αποφάσισε να αφιερώσει τη ζωή του στα μαθηματικά.

Σε αντίθεση με τους συγχρόνους του, οι οποίοι σε κάθε ερώτηση αντερωτούσαν: «Τι είπε ο Αριστοτέλης;» ο Γαλιλαίος πίστευε στο πείραμα. Την πρώτη σημαντική ανακάλυψη την έκανε σε ηλικία 17 ετών, την εποχή που σπούδαζε ιατρική. Στη διάρκεια μιας λειτουργίας στον καθεδρικό ναό της Πίζα παρατήρησε τις ταλαντώσεις του πολυελαίου που κρεμόταν από πάνω του. Διαπίστωσε ότι κάθε τόσο ένα ρεύμα αέρα έκανε τον πολυέλαιο να ταλαντεύεται πιο πολύ

και, καταπώς φαινόταν, πιο γρήγορα. Χρησιμοποιώντας τους σφυγμούς του ως ρολόι, χρονομέτρησε τις ταλαντώσεις. Ανακάλυψε ότι όσο μεγάλο κι αν ήταν το εύρος της ταλάντωσης, ο χρόνος που απαιτούνταν για την πραγματοποίησή της ήταν ο ίδιος. Όταν συνέχισε το πείραμα με ένα εκκρεμές στο σπίτι του, ανακάλυψε ότι η διάρκεια της ταλάντωσης του, ανεξάρτητα από το εύρος, εξαρτιόταν αποκλειστικά από το μήκος του.

Τα πρώτα είκοσι χρόνια της ενήλικης ζωής του ο Γαλιλαίος ήταν καθηγητής μαθηματικών, πρώτα στο πανεπιστήμιο της Πίζα και αργότερα της Πάντοβα. Εκδήλωσε ενδιαφέρον για τη μηχανική, και ειδικότερα για την πτώση των σωμάτων. Το θέμα αυτό δεν ήταν από τα ευκολότερα που μπορούσε να μελετήσει σε μια εποχή που δεν υπήρχαν μηχανικά ρολόγια. Από νωρίς έκανε μια σημαντική διαπίστωση: ότι ο ρυθμός της πτώσης ήταν ίδιος και για τα βαριά και για τα ελαφρά αντικείμενα. Αυτό ερχόταν σε αντίθεση με εκείνο που είχε υποστηρίξει ο Αριστοτέλης και το οποίο έκτοτε θεωρούνταν δεδομένο. Αφήνοντας σφαίρες να κυλήσουν πάνω σε ένα ελαφρώς κεκλιμένο επίπεδο, ο Γαλιλαίος κατάφερε να επιβραδύνει αρκετά το ρυθμό της πτώσης ώστε να μπορέσει να μετρήσει την ταχύτητά τους, χρησιμοποιώντας είτε μια κλεψύδρα είτε το σφυγμό του. Αυτό του έδωσε τη δυνατότητα να κάνει τρεις ακόμη ανακαλύψεις. Η πρώτη ήταν ότι ο χρόνος που απαιτούνταν για να πέσουν οι σφαίρες από ένα δεδομένο ύψος δεν επηρεαζόταν από τη γωνία κλίσης του επιπέδου. Η δεύτερη ήταν ότι η ταχύτητα πτώσης τους εξαρτιόταν από μια συνεχή επιτάχυνση – πράγμα που ερχόταν σε αντίθεση με όσα υποστήριζε ο Αριστοτέλης, ο οποίος δίδασκε ότι η ταχύτητα της πτώ-

σης ήταν σταθερή. Το σημαντικότερο όμως ήταν ότι ανακάλυψε πως υπήρχε μια ακριβής σχέση ανάμεσα στο ύψος της πτώσης και το χρόνο που αυτή διαρκούσε. Η διανυόμενη απόσταση αυξανόταν ανάλογα με το τετράγωνο του απαιτηθέντος χρόνου – π.χ. ένα σώμα κάλυπτε πέφτοντας τετραπλάσια απόσταση μέσα σε έξι δευτερόλεπτα απ' ό,τι σε τρία. Αυτή ήταν μια ανακάλυψη η οποία αργότερα θα βοηθούσε σημαντικά τον Ισαάκ Νεύτωνα να διατυπώσει τη θεωρία της παγκόσμιας έλξης.

Μία άλλη ανακάλυψη που έκανε ο Γαλιλαίος ήταν ότι η τροχιά που διαγράφει ένα αντικείμενο, όπως το βλήμα ενός κανονιού, καθορίζεται από ένα συνδυασμό της ταχύτητας της ελεύθερης πτώσης του και της προς τα εμπρός δύναμης που ασκείται σε αυτό. Αυτή η ανακάλυψη είχε προφανή εφαρμογή στη χρήση των πυροβόλων, αλλά ήταν σημαντική και για την αστρονομία. Μία από τις πλέον επίμονες αντιρρήσεις που διατυπώνονταν στη θεωρία του Κοπέρνικου για την κίνηση των πλανητών ήταν ότι, αν η Γη όντως περιστρεφόταν γύρω από τον άξονά της, οτιδήποτε δεν ήταν προσηλωμένο πάνω της, όπως τα τραπέζια, οι καρέκλες και οι άνθρωποι, θα εκτινάσσονταν στο Διάστημα λόγω της φυγόκεντρης δύναμης. Ο Γαλιλαίος κατόρθωσε να αποδείξει ότι αυτό δε συμβαίνει, επειδή ο αντίκτυπος αυτής της φυγόκεντρης δύναμης είναι μικρότερος από εκείνης της δύναμης που αναγκάζει ένα αντικείμενο να πέφτει με φυσικό τρόπο στη Γη. Η ικανότητά του να ανασκευάζει αυτή τη συγκεκριμένη αντίρρηση όχι μόνο έπεισε τον ίδιο για την εγκυρότητα της θεωρίας του Κοπέρνικου, αλλά αργότερα θα τον βοηθούσε να πείσει και άλλους.

Ο ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ ΚΑΙ Ο ΠΑΠΑΣ Όταν ο Γαλιλαίος πληροφορήθηκε την ύπαρξη του τηλεσκοπίου του Λίπερσεϊ το 1609, δεν ήξερε τίποτα για την κατασκευή του, αλλά μέσα σε μερικές εβδομάδες κατέφερε να φτιάξει ένα δικό του με τριπλάσια μεγεθυντική ισχύ. Με αυτή την ενέργειά του έδωσε το έναυσμα για μια σειρά γεγονότων που ήταν γραφό να ασκήσουν τρομακτική επιρροή στη μελλοντική πορεία της ζωής του, καθώς και στην ιστορία της επιστήμης. Προτού ολοκληρωθεί ένας μήνας, κατάφερε να κατασκευάσει ένα τηλεσκόπιο με δεκαπλάσια μεγεθυντική ισχύ. Με τη βοήθεια αυτού του απλού οργάνου μπόρεσε να διακρίνει ότι ο Γαλαξίας ήταν ένας μεγάλος αριθμός μεμονωμένων αστεριών. Παρατήρησε τα φεγγάρια του Δία να περιφέρονται γύρω από αυτόν, γεγονός που αποτελούσε ατράνταχτη απόδειξη ότι δεν περιστρέφονται όλα τα ουράνια σώματα γύρω από τη Γη. Παρατήρησε επίσης τις ηλιακές κηλίδες –προκαλώντας μόνιμη βλάβη στην όρασή του– και τις χρησιμοποίησε για να μετρήσει την ταχύτητα περιστροφής του Ήλιου γύρω από τον άξονά του.

Ως αποτέλεσμα των παρατηρήσεών του, ειδικότερα των δορυφόρων του Δία, πείστηκε για την εγκυρότητα της θεωρίας του Κοπέρνικου, σύμφωνα με την οποία η Γη και οι πλανήτες περιστρέφονταν γύρω από τον Ήλιο. Η πεποίθησή του αυτή δεν τον έκανε αγαπητό στους προκαθήμενους της Εκκλησίας. Το 1632, πιστεύοντας ότι ο πάπας Ουρβανός Η΄ δε θα παρεξηγούσε τις απόψεις του, τις δημοσίευσε σε ένα έργο με τίτλο *Διάλογος σχετικός με τα δύο μεγάλα συστήματα του κόσμου*. Ως έργο ήταν αριστούργημα και λίγο έλειψε να τον οδηγήσει στην πυρά.

Η Ρωμαιοκαθολική Εκκλησία, έχοντας να αντιμετωπίσει τη Μεταρρύθμιση, έδειχνε λιγότερη ανοχή στους διαφωνού-

ντες απ' ό,τι την εποχή του Κοπέρνικου. Όποιος πολίτης ρωμαιοκαθολικής χώρας τολμούσε να δημοσιεύσει ιδέες που αμφισβητούσαν τη διδασκαλία των Γραφών ή την εξουσία της Εκκλησίας, έπρεπε να περιμένει μια σκληρή αντίδραση. Κατά την Εκκλησία ο Γαλιλαίος είχε ξεπεράσει τα όρια και το αδίκημά του δεν έπρεπε να παραβλεφθεί. Ήδη ήταν αρκετά κακό το γεγονός ότι ισχυρίστηκε πως ο τέλειος Ήλιος είχε κηλίδες! Ακόμα χειρότερο ήταν ότι συμμερίζονταν τη θεωρία του Κοπέρνικου. Όμως εκείνο που έκανε το ποτήρι να ξεχειλίσει ήταν ο τρόπος με τον οποίο παρουσίασε το Διάλογό του. Τα επιχειρήματα που στρέφονταν κατά του Κοπέρνικου έβαλε να τα παρουσιάζει κάποιο άτομο το οποίο ονόμασε Συμπλίτσιο, που ο Πάπας ήταν πεπεισμένος ότι είχε φτιάξει ως καρικατούρα του ιδίου, με σκοπό να τον γελοιοποιήσει. Ο Γαλιλαίος, που ήταν πια 69 ετών, οδηγήθηκε ενώπιον της Ιεράς Εξέτασης και υποχρεώθηκε, με την απειλή της θανάτωσης, να ανακαλέσει την πεποίθησή του ότι η Γη περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο. Τα οκτώ τελευταία χρόνια της ζωής του τα πέρασε σε κατ' οίκον περιορισμό στο μικρό εξοχικό του σπίτι μελετώντας θέματα που δεν προκαλούσαν αμφισβητήσεις. Τέσσερα χρόνια πριν από το θάνατό του έχασε τελείως την όρασή του, την οποία είχε τραυματίσει παρατηρώντας τον Ήλιο, και ταυτόχρονα σταμάτησε να ασχολείται με την παρακολούθηση των αστερών.

Ο ΑΣΤΡΟΝΟΜΟΣ ΤΙΧΟ ΜΠΡΑΧΕ Υπήρχε κάποιο άτομο στο οποίο ο Γαλιλαίος θα ήθελε περισσότερο από κάθε άλλο να μιλήσει για τα όσα είδε εκείνη τη νύχτα του 1609 που έστρεψε το τηλεσκόπιό του στον ουρανό. Όμως το άτομο αυτό είχε πεθάνει οκτώ χρόνια νωρίτερα, χωρίς να ακούσει

ποτέ κάτι για το νέο αυτό όργανο. Τον έλεγαν Τάιγκε –ή Τίχο– Μπράχε και ήταν ίσως ο σπουδαιότερος παρατηρητής όλων των εποχών που εργαζόταν διά γυμνού οφθαλμού.

Ο Τίχο γεννήθηκε το 1546 στο πατρικό του στο Κνούντστρουπ, στη νότια Σουηδία. Σε ηλικία 13 ετών γράφτηκε στο πανεπιστήμιο της Κοπεγχάγης, όπου σπούδασε νομικά και φιλοσοφία. Μα το 1560 έζησε μια έκλειψη ηλίου, γεγονός που τον έπεισε να στραφεί προς τα μαθηματικά και την αστρονομία. Ως φοιτητής είχε ήδη εκδηλώσει την τολμηρή και εριστική ιδιοσυγκρασία που θα επεδείκνυε και σε ολόκληρη τη ζωή του, ακόμα κι όταν ερχόταν σε επαφή με εκπροσώπους της βασιλικής οικογένειας. Σε ηλικία 19 ετών, η οργή του τον οδήγησε σε μονομαχία, εξαιτίας της οποίας έχασε ένα κομμάτι από τη μύτη του. Για ολόκληρη την υπόλοιπη ζωή του φορούσε ένα μεταλλικό κάλυμμα μύτης.

Αφού σπούδασε στη Λειψία, στο Ρόστοκ και στο Άουξμπουργκ, ο Τίχο επέστρεψε στο πατρικό του, όπου ο θεός του του επέτρεψε να κατασκευάσει ένα αστεροσκοπείο. Το 1572 παρατήρησε ένα νέο φωτεινό άστρο στον αστερισμό Κασσιόπεια. Ήταν ο πρώτος «νόβα», ή νέο αστέρι, που καταγράφηκε στην Ευρώπη, και έκτοτε έγινε γνωστό ως «το αστέρι του Τίχο». Το αστέρι αυτό έλαμπε έντονα για ενάμισι χρόνο και μετά έσβησε σταδιακά. Για κάποιο διάστημα η λάμψη του ήταν πιο έντονη από του πλανήτη Αφροδίτη.

Ο Τίχο ανακοίνωσε την ανακάλυψή του σε ένα βιβλίο με τίτλο *Περί του νέου αστερός*, στο οποίο τεκμηρίωνε ότι το αστέρι του βρισκόταν πιο μακριά από τη Σελήνη, γεγονός που ερχόταν σε αντίθεση με την επικρατούσα άποψη σχετικά με την απόσταση των αστερών. Ο Τίχο υπολόγιζε ότι το αστέρι αυτό βρισκόταν 5 δισεκατομμύρια χιλιόμετρα μακριά

από τη Γη, μια εκτίμηση που αποδείχτηκε ότι ήταν πάρα πολύ μικρή. Εντούτοις, σύμφωνα με τα πρότυπα εκείνης της εποχής, ήταν ένας ιδιαίτερα τολμηρός ισχυρισμός.

Η ανακάλυψη αυτού του νέου αστέρα έπεσε σαν βόμβα στον επιστημονικό κόσμο. Η επιστήμη κατά τον δέκατο έκτο αιώνα ήταν ακόμα δέσμια του Αριστοτέλη, ο οποίος είχε υποστηρίξει ότι ο ουρανός ήταν τέλειος και αμετάβλητος. Η απόδειξη ότι δε συνέβαινε κάτι τέτοιο έθετε το ερώτημα για το τι άλλο από όσα είχε πει θα μπορούσε να μην ισχύει. Στο εξής δε θα υπήρχε επιστημονικό ερώτημα στο οποίο θα μπορούσε να δοθεί με σιγουριά η απάντηση: «Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη...»

Το αστέρι του Τίχο τον έκανε διάσημο. Το 1576 ο βασιλιάς της Δανίας Φρειδερίκος Β΄ του έκανε δώρο τη νήσο Βεν, πλησίον της Κοπεγχάγης. Εκεί ο Τίχο κατασκεύασε το καλύτερα εξοπλισμένο αστεροσκοπείο της Ευρώπης. Μέσα στην επόμενη εικοσαετία κατάρτισε έναν κατάλογο με τις ακριβείς θέσεις 777 αστέρων, που περιείχε μια πρωτοφανή σειρά από ακριβείς παρατηρήσεις των κινήσεων των πλανητών. Η χαρτογράφηση των πιο φωτεινών αστέρων και των θέσεων των πλανητών ήταν ακριβής με απόκλιση ενός λεπτού του τόξου, δηλαδή το ένα τριακοστό του πλάτους της Πανσελήνου.

Το 1588 τον Φρειδερίκο διαδέχθηκε ο Χριστιανός Δ΄, ο οποίος έδειχνε λιγότερη ανοχή στη συμπεριφορά του Τίχο. Το 1597 του πήρε το νησί και του έκοψε την επιχορήγηση. Το 1599 ο Τίχο βρήκε έναν καινούργιο υποστηρικτή, τον αυτοκράτορα Ροδόλφο Β΄, ο οποίος του παραχώρησε ένα κάστρο έξω από την Πράγα. Ο Τίχο μετέφερε τα περισσότερα όργανά του από τη νήσο Βεν στην Πράγα, αλλά δύο χρόνια αργότερα πέθανε, χωρίς να έχει ασχοληθεί ουσιαστικά με την πα-

ρατήρηση των ουράνιων σωμάτων την τελευταία διετία της ζωής του.

Εκτός από τον κατάλόγό του με τους αστέρες ο Τίχο συνεισέφερε ποικιλοτρόπως στην αστρονομία. Ήταν ο πρώτος αστρονόμος που διόρθωσε τις παρατηρήσεις του για να ληφθεί υπόψη και η ατμοσφαιρική διάθλαση. Επίσης η μέτρησή του για τη διάρκεια του έτους ήταν ακριβής με προσέγγιση δευτερολέπτου.

Ο ΚΕΠΛΕΡ ΚΑΙ ΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ Λίγο μετά την εγκατάστασή του στην Πράγα το 1599, ο Τίχο είχε την τύχη να συναντήσει τον 29χρονο Γερμανό μαθηματικό Γιόχαν Κέπλερ. Ο Τίχο, αναγνωρίζοντας το ταλέντο του, τον προσέλαβε ως βοηθό του. Ο Κέπλερ θεώρησε τον Τίχο εκνευριστικό όπως και όλοι οι άλλοι, και πολλές φορές απειλησε ότι θα φύγει. Αλλά προτού προλάβει να κάνει την απειλή του πράξη, ο Τίχο πέθανε και ο Κέπλερ διορίστηκε αστρονόμος του αυτοκράτορα στη θέση του.

Ο Κέπλερ, εκτός του ότι ήταν άριστος μαθηματικός, ήταν και έντονα θρησκευόμενος και είχε πεισθεί ότι έπρεπε να υπάρχει κάποια αρχή που να διέπει τις κινήσεις των ουράνιων σωμάτων. Υποκινούμενος από αυτή την πεποίθηση αποφάσισε να βρει ένα σύνολο εξισώσεων που θα ταίριαζαν στις κινήσεις των πλανητών όπως τις περιέγραφαν οι παρατηρήσεις του Τίχο.

Οι προηγούμενοι αστρονόμοι είχαν υποθέσει ότι οι τροχιές των πλανητών πρέπει να ήταν κυκλικές και οι πρώτες ερευνητικές απόπειρες του Κέπλερ στηρίζονταν σε αυτή την υπόθεση. Τελικά, όταν απελπίστηκε που δεν μπορούσε να κάνει τις κυκλικές τροχιές να αποδώσουν, δοκίμασε άλλα

στοιχεία και ανακάλυψε ότι οι παρατηρούμενες θέσεις όλων των πλανητών και των φεγγαριών τους θα μπορούσαν να ερμηνευτούν αν οι τροχιές τους ήταν ελλειπτικές. Αυτό του έδωσε τη δυνατότητα να διατυπώσει τον πρώτο νόμο του:

1. Οι πλανήτες κινούνται σε ελλειπτικές τροχιές, ενώ ο Ήλιος μένει σταθερός στη θέση του.

Περαιτέρω έρευνα του έδειξε ότι οι πλανήτες κινούνταν πιο γρήγορα στα τμήματα της τροχιάς τους που είναι πλησιέστερα στον Ήλιο και πως αυτή η διακύμανση στην ταχύτητα ακολουθούσε μια μαθηματική σχέση, την οποία κατάφερε να διατυπώσει σε ένα δεύτερο νόμο:

2. Το διάνυσμα ενός πλανήτη -η γραμμή που ξεκινάει από τον πλανήτη και καταλήγει στον Ήλιο- διαγράφει ίσα εμβαδά σε ίσους χρόνους.

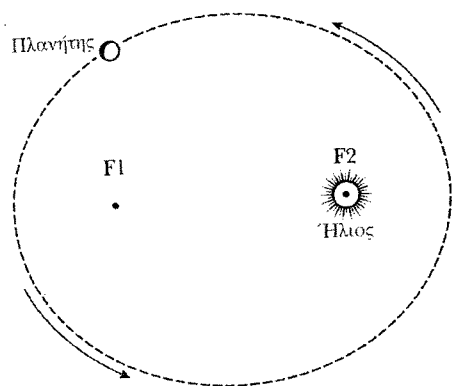
Στη συνέχεια επιχείρησε να εξακριβώσει αν υπήρχε κάποια σχέση ανάμεσα στην απόσταση ενός πλανήτη από τον Ήλιο και το χρόνο που απαιτούνταν για να ολοκληρωθεί η τροχιά του, και ανακάλυψε ότι και αυτή η σχέση θα μπορούσε να περιγραφεί με έναν απλό μαθηματικό τύπο, τον οποίο εξέφρασε στον τρίτο νόμο του:

3. Το τετράγωνο της τροχιακής περιόδου ενός πλανήτη είναι ανάλογο με τον κύβο της μέσης απόστασής του από τον Ήλιο.

Με αυτό τον τρίτο νόμο ο Κέπλερ εξασφάλισε ένα πανίσχυρο όπλο για τους αστρονόμους. Δεδομένου ότι η απόσταση της Γης από τον Ήλιο και η τροχιακή περίοδος ήταν γνωστές με ακρίβεια, παρατηρώντας κανείς τη διάρκεια της τροχιακής περιόδου ενός πλανήτη θα υπολόγιζε την ακριβή απόσταση αυτού του πλανήτη από τον Ήλιο.

Η μελέτη του Κέπλερ για τις αρχές που διέπουν τις κινήσεις των πλανητών κράτησε είκοσι ολόκληρα χρόνια. Το αποτέλεσμα ήταν ένας θρίαμβος, ο οποίος άλλαξε ριζικά την αστρονομία. Ο Κοπέρνικος είχε κάνει την επανάσταση εκθρονίζοντας τη Γη από το κέντρο του σύμπαντος. Αλλά ακόμα και ο Κοπέρνικος είχε γίνει δέσμιος της ιδέας του κύκλου ως της μόνιμης τροχιάς πάνω στην οποία μπορούσε να κινηθεί ένα ουράνιο σώμα, και στο δικό του σύμπαν οι πλανήτες και οι αστέρες συνέχιζαν να είναι προσηλωμένοι σε μια σειρά από ουράνιες σφαίρες. Ο Κέπλερ τα έσβησε όλα αυτά. Οι πλανήτες του ήταν σώματα που κινούνταν ελεύθερα, ακολουθώντας την πορεία τους στο κενό Διάστημα χωρίς καμία κρυστάλλινη σφαίρα να τους ξεχωρίζει από τα αστέρια που βρίσκονταν πιο πέρα. Και αυτές οι τροχιές ήταν ελλειπτικές, με ένα σχήμα το οποίο καθοριζόταν από απλές μαθηματικές σχέσεις.

Παρόλο που ήταν ευφυής μαθηματικός και είχε τολμηρές ιδέες, μία συγκεκριμένη απάντηση δεν κατάφερε να τη δώσει: Ενόσω μελετούσε τις αυξομειούμενες ταχύτητες των πλανητών όσο διέγραφαν την τροχιά τους, καθώς και τη συγκεκριμένη σχέση ανάμεσα στην περίοδο των τροχιών αυτών και την απόστασή τους από τον Ήλιο, πείστηκε ότι το μυστικό των κινήσεών τους κρυβόταν σε κάποια δύναμη που απέρρευε από τον Ήλιο. Όμως τι ακριβώς ήταν αυτή η



Εικόνα 6. Ο πρώτος νόμος του Κέπλερ
Οι τροχιές των πλανητών είναι ελλειπτικές, ενώ ο Ήλιος μένει σταθερός στη θέση του.

δύναμη και τι τη συνέδεε με τους νόμους που εκείνος είχε ανακαλύψει, δεν μπορούσε να το βρει. Θα χρειαζόταν να έρθει ένας ακόμα σπουδαιότερος μαθηματικός, ο Ισαάκ Νεύτωνας, ο οποίος γεννήθηκε δώδεκα χρόνια μετά το θάνατο του Κέπλερ, για να ολοκληρώσει το έργο που ο Κέπλερ ξεκίνησε με τόσο μοναδικό τρόπο.

Η ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΟΥ ΑΙΜΑΤΟΣ Ο Ουίλιαμ Χάρβεϊ γεννήθηκε το 1578 στο Φόκστοουν του Κεντ, στην Αγγλία, και ήταν ο πρωτότοκος γιος ενός πλούσιου εμπόρου. Σπούδασε στο πανεπιστήμιο του Κέμπριτζ και στη συνέχεια πήγε στην Πάντοβα της Ιταλίας όπου σπούδασε ιατρική κοντά στον ανατόμο Ιερώνυμο Φαμπρίτσιους. Η Ιατρική Σχολή της Πάντοβα ήταν κορυφαία στον κόσμο στον τομέα της ανατομίας και οι γνώσεις που ο Χάρβεϊ απέκτησε εκεί θα αποτελούσαν τα θεμέλια των μετέπειτα επιτευγμάτων του.

Επιστρέφοντας στην Αγγλία άσκησε το επάγγελμα του γιατρού. Γνώρισε τόση επιτυχία, που έγινε γιατρός στην Αυλή του Ιακώβου Α΄ και αργότερα του Καρόλου Α΄. Αυτό του έδωσε τη δυνατότητα να συνεχίσει τις σπουδές του στην ανατομία και να διεξαγάγει ένα συστηματικό πρόγραμμα έρευνας γύρω από τη λειτουργία της καρδιάς και του αίματος.

Ο Χάρβεϊ υποστήριξε ότι η καρδιά είναι ένας μυς ο οποίος αντλεί αίμα με συστολικές κινήσεις. Όταν υπολόγισε ότι η ποσότητα αίματος που αντλούσε η καρδιά μέσα σε μία ώρα υπερέβαινε το βάρος ολόκληρου του σώματος, συμπεράνε ότι η καρδιά δεν μπορούσε να παράγει νέο αίμα και να καταστρέφει το παλιό με τέτοιο ρυθμό, επομένως το αίμα που επανακυκλοφορούσε ήταν το ίδιο. Παρατήρησε τις μονόδρομες (ανεπίστροφες) βαλβίδες ανάμεσα στην άνω και την κάτω κοιλία της καρδιάς και τις παρόμοιες βαλβίδες στις φλέβες και συμπεράνε, σωστά, ότι το αίμα στις φλέβες έρεε μόνο προς την καρδιά και όχι από την καρδιά. Όταν έκλεισε κάποιες αρτηρίες, παρατήρησε ότι το αίμα συσσωρευόταν στην πλευρά που βρισκόταν πλησιέστερα στην καρδιά. Κάθε πείραμα που εκτελούσε ενίσχυε την πεποίθησή του ότι, αντί να ρέει μπρος και πίσω στην καρδιά και τα άκρα ή να αναπληρώνεται συνεχώς και να διαχέεται, το αίμα κυκλοφορούσε σε ολόκληρο το σώμα.

Ο Χάρβεϊ άρχισε το 1616 να διδάσκει τις θεωρίες του, αλλά μόλις το 1628, όταν ήταν σε ηλικία 50 ετών, δημοσίευσε –στη λατινική γλώσσα– το έργο που τον έκανε διάσημο: *Ανατομική μελέτη σχετικά με την κίνηση της καρδιάς και του αίματος στα ζώα*. Στις μέρες μας θεωρείται κλασικό έργο της ιστορίας των επιστημών, αλλά όταν κυκλοφόρησε για πρώτη φορά γνώρισε το χλευασμό του κόσμου. Το πρόβλη-

μα ήταν ότι, παρά την πολυετή πείρα του σε θέματα ανατομίας, ο Χάρβεϊ δεν ήταν σε θέση να εξηγήσει πώς κινούνταν το αίμα από τις αρτηρίες προς τις φλέβες. Μη έχοντας μικροσκόπιο, δεν ήταν σε θέση να δει τα πολύ λεπτά αγγεία που ονομάζουμε σήμερα «τριχοειδή αγγεία».

Ο Έλληνας φιλόσοφος Γαληνός είχε υποθέσει ότι οι αρτηρίες και οι φλέβες ήταν αυτόνομα συστήματα που μετέφεραν διάφορα υγρά και αυτή ήταν η παραδεδεγμένη άποψη για χίλια τετρακόσια ολόκληρα χρόνια. Ο Χάρβεϊ αμφισβήτησε αυτή την άποψη υποστηρίζοντας ότι το αίμα από τις αρτηρίες κυλούσε προς τις φλέβες μέσω τόσο λεπτών αγγείων, που ήταν αόρατα. Αυτή όμως ήταν απλώς μια εικασία και οι σύγχρονοί του χρειάζονταν πειστικότερες αποδείξεις για να απορρίψουν τη διδασκαλία του σπουδαίου Γαληνού. Άρχισαν να περιφρονούν συλλήβδην τις ιδέες του Χάρβεϊ. Εξαιτίας αυτού υπέστη πλήγμα το επιστημονικό του κύρος και η θέση του ως γιατρού.

Με την πάροδο του χρόνου οι γνώμες άλλαξαν υπέρ του. Το κύρος του ανέκαμψε και ο ίδιος κατάφερε να ζήσει για να δει τις ιδέες του να γνωρίζουν γενική αποδοχή. Όμως μόλις το 1661, τέσσερα χρόνια μετά το θάνατό του, ένας Ιταλός φυσιολόγος, ο Μαρτσέλο Μαλπίγκι, από το πανεπιστήμιο της Μπολόνια, ανακάλυψε με το μικροσκόπιό του τα τριχοειδή αγγεία στους πνεύμονες ενός βατράχου και απέδειξε ότι ο Χάρβεϊ είχε απόλυτο δίκιο.

Μερικές φορές λέγεται ότι αυτοί που πραγματικά ανακάλυψαν την κυκλοφορία του αίματος ήταν η ομάδα των προικισμένων ανατόμων που προηγήθηκε του Χάρβεϊ στην Πάντοβα ή ο Άραβας ιατρός του δέκατου τρίτου αιώνα, ο Ιμπν αλ-Ναφίκ αλ-Κουαράσι, ή ακόμα και οι Κινέζοι λόγιοι

που ασχολήθηκαν με το θέμα αυτό εκατοντάδες χρόνια πριν από τη γέννηση του Χάρβεϊ. Δεν αμφισβητεί κανείς ότι η αρχαία κινεζική επιστήμη, που παραδόθηκε στις επόμενες γενιές από Άραβες συγγραφείς, ενέπνευσε τους ανατόμους στην αναγεννησιακή Ιταλία και πως αυτοί με τη σειρά τους έδωσαν τη βάση για τις έρευνες του Χάρβεϊ. Όμως οι κινεζικές θεωρίες ήταν ένα κράμα από έγκυρες ιδέες της φυσιολογίας και κάτι απίθανες ιδέες για μυστηριώδη «αρώματα». Και παρόλο που οι Ιταλοί πρόδρομοί του ήταν εκείνοι που ανακάλυψαν τις βαλβίδες στις φλέβες και τη «μικρή κυκλοφορία» του αίματος ανάμεσα στην καρδιά και στους πνεύμονες, ο Χάρβεϊ ήταν αυτός που εξήγησε τη μονόδρομη λειτουργία των βαλβίδων και την πολύ σημαντική «μεγάλη κυκλοφορία» από την καρδιά πάλι προς την καρδιά. Του αξίζουν οι έπαινοι που του έκαναν οι Άγγλοι ιστορικοί της επιστήμης, ακόμα κι αν δεν πρέπει να παραλείψουμε πόσο πολλά χρωστούσε σε ένα σπουδαίο ιταλικό πανεπιστήμιο και στην παιδεία που έλαβε εκεί.

Η ΚΑΡΔΙΑ ΚΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ Παρόλο που ο Χάρβεϊ απέδειξε το γεγονός της κυκλοφορίας του αίματος, δεν ανακάλυψε τη λειτουργία του. Έπρεπε να περάσουν άλλα τριάντα χρόνια μέχρι ένας άλλος Άγγλος ιατρός, ο Ρίτσαρντ Λόουερ, να δείξει ότι το σκουρόχρωμο αίμα από τις φλέβες γινόταν κόκκινο αρτηριακό αίμα όταν ερχόταν σε επαφή με τον αέρα. Και θα χρειαζόταν να περάσουν άλλα εκατό χρόνια μέχρι ο Γάλλος χημικός Λαβουαζιέ να εντοπίσει το ζωτικό στοιχείο –το οξυγόνο– που ήταν το μυστικό για το ρόλο που παίζει το αίμα στο μεταβολισμό του οργανισμού.

Η καρδιά είναι ο μεγαλύτερος μυς του σώματος, και έτσι

πρέπει να είναι. Ο φόρτος εργασίας που αναλαμβάνει και η αντοχή του είναι πρωτοφανείς. Είναι η πιο αποτελεσματική αντλία που έχει υπάρξει ποτέ. Κάθε λεπτό της ημέρας, σε όλη τη διάρκεια της ενήλικης ζωής του ανθρώπου, ανάλογα με τις ανάγκες που δημιουργούνται, απομακρύνει από αυτή και επεξεργάζεται εξ αρχής 4-24 λίτρα αίματος. Η καρδιά δεν κυκλοφορεί απλώς αυτή την τεράστια ποσότητα· τη στέλνει επίσης πίσω, εφοδιασμένη με το οξυγόνο που είναι απαραίτητο για να λειτουργούν όλα τα όργανα του σώματος – μεταξύ αυτών και ο εγκέφαλος. Και το επιτυγχάνει με τη βοήθεια ενός αποθέματος αίματος που ανέρχεται σε μόλις 5 λίτρα περίπου.

Η ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΤΟΥ ΛΟΝΔΙΝΟΥ Τα έτη μεταξύ 1660 και 1700 για την αγγλική Ιστορία ισοδυναμούν με μια περίοδο άνθησης των επιστημονικών ανακαλύψεων· ένα μέρος των επαίνων για αυτό το επίτευγμα αρμόζει σε κάποιον ο οποίος δεν ήταν επιστήμονας.

Το 1660, η δημοκρατία των Πουριτανών που συστάθηκε μετά τον αγγλικό εμφύλιο πόλεμο έφτασε στο τέλος της με την αποκατάσταση της μοναρχίας υπό τον Κάρολο Β΄. Ο Κάρολος ήταν γιος του Καρόλου Α΄, του βασιλιά που είχε αποκεφαλίσει η δημοκρατία. Τα προηγούμενα δεκαπέντε χρόνια τα είχε περάσει στην εξορία και ήταν αποφασισμένος να μην ξαναζήσει την εμπειρία. Το κύριο μέλημά του επομένως ήταν να αποφύγει την έντονη αντιπαράθεση ανάμεσα στις θρησκευτικές ομάδες που του είχαν κληροδοτήσει οι προκάτοχοί του. Η πολιτική αναγκαιότητα και η ευχάριστη ιδιοσυγκρασία του συνδυάστηκαν για να δημιουργήσουν ένα κλίμα ανοχής και ελευθερίας της σκέψης, στο οποίο άνθησε

η επιστημονική έρευνα και αναζήτηση. Το 1662 με χαρά έβαλε το όνομά του στο καταστατικό της ίδρυσης της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου (Royal Society of London) η οποία στα επόμενα πενήντα χρόνια έγινε κοιτίδα επιστημονικών ανακαλύψεων.

Η Βασιλική Εταιρεία του Καρόλου δεν ήταν ο πρώτος φορέας αυτού του είδους. Η Φλωρεντία διέθετε την Ακαδημία Δοκιμών (Academia del Cimento) που ήταν διάδοχος της Accademia dei Lincei («Ακαδημία των λυγκών») της εποχής του Γαλιλαίου. Αυτή όμως έσβησε έπειτα από μερικά χρόνια και έτσι η Ιταλία δε διέθετε έναν ανάλογο φορέα. Η παρισινή Ακαδημία Επιστημών (Académie des Sciences) είχε ιδρυθεί πέντε χρόνια νωρίτερα, αλλά ήταν ένας δημόσιος φορέας που λειτουργούσε χάρη στην οικονομική στήριξη του κράτους. Η Βασιλική Εταιρεία ήταν κάτι διαφορετικό. Ήταν μια λέσχη κυρίων και όχι ένα κυβερνητικό δημιούργημα. Είχε τις ρίζες της σε μια ανεπίσημη ομάδα ανδρών – αποκλειστικά – που ασχολούνταν με την επιστημονική σκέψη και συναντιόνταν και αλληλογραφούσαν με επιστήμονες από άλλα μέρη από το 1645. Παρά το βασιλικό καταστατικό της δεν ήταν ένας δημόσιος φορέας και δεν έπαιρνε καμία κρατική επιχορήγηση. Αυτό την ανέδειξε σε ένα τέλειο όχημα γι' αυτό που αργότερα θα μπορούσε κανείς να χαρακτηρίσει δικτύωση. Στα πενήντα χρόνια που πέρασαν μετά την ίδρυσή της μέλη της δεν ήταν μόνο διαπρεπείς επιστήμονες – Νεύτωνας, Χουκ, Χάλεϊ, Ρεν και άλλοι – αλλά και πολλοί άλλοι σπουδαίοι Ευρωπαίοι επιστήμονες, άτομα του διαμετρήματος του Λέβενχουκ και του Χόιχενς, των οποίων η τακτική αλληλογραφία ενημέρωνε τους υπόλοιπους για τις σκέψεις τους. Σε ένα τέτοιο κλίμα διακίνησης ιδεών, δεν

πρέπει να μας εκπλήσσει το γεγονός ότι η επιστήμη απέκτησε νέα δυναμική.

Η ΑΠΟΨΗ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ ΓΙΑ ΤΗ ΒΑΡΥΤΗΤΑ Το 1665 μια επιδημία πανώλης τρομοκράτησε την πόλη του Λονδίνου και ανάγκασε όσους ήταν σε θέση να απομακρυνθούν να αναζητήσουν καταφύγιο στην εξοχή. Στη διάρκεια της επιδημίας πολλά δημόσια ιδρύματα στο Λονδίνο και σε άλλα μέρη έκλεισαν. Ένα από αυτά ήταν το πανεπιστήμιο του Κέμπριτζ. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος ένας 22χρονος λόγιος που τον έλεγαν Άιζακ Νιούτον επέστρεψε στο αγρόκτημα της μητέρας του στο Λίνκολνσιρ. Ο Ισαάκ Νεύτωνας είχε εγγραφεί στο Κέμπριτζ ένα χρόνο μετά την άνοδο του Καρόλου Β΄ στο θρόνο. Δεν είχε αποφοιτήσει με άριστα, αλλά παρ' όλα αυτά ήταν ένας μαθηματικός με ασυνήθιστες δυνατότητες. Επίσης η πνευματική δραστηριότητα που ανέπτυξε στους επόμενους δεκαοκτώ μήνες μέσα στην ησυχία του σπιτιού όπου μεγάλωσε έθεσε τα θεμέλια γι' αυτό που ομολογουμένως είναι το σπουδαιότερο έργο σε ολόκληρη την ιστορία της επιστήμης.

Ο Νεύτωνας, όπως και μερικοί άλλοι ευφυείς επιστήμονες –στους οποίους συγκαταλέγονται ο Δαρβίνος και ο Αϊνστάιν–, δεν έδειξε στα νεανικά του χρόνια κανένα σημάδι ξεχωριστής ευφυΐας. Όμως κάποιος θείος του, ο οποίος συνεργαζόταν με το Κολέγιο Τρίνιτι στο Κέμπριτζ, έπεισε τη μητέρα του ότι το παιδί της θα ωφελούνταν από μια καλή παιδεία. Εξασφάλισε μια θέση για τον Νεύτωνα στο Κολέγιο Τρίνιτι, όπου ο νεαρός σπουδαστής πλήρωνε για τα μαθήματά του δουλεύοντας ως υπηρέτης φοιτητών που προέρχονταν από πιο εύπορο περιβάλλον.

Παρόλο που δε διέπρεπε στις εξετάσεις του, ο Νεύτωνας είχε ήδη κάνει αρκετή πολύ πρωτότυπη δουλειά στον τομέα των μαθηματικών. Μέσα σε μερικούς μήνες από την επιστροφή του στο πατρικό του, κατάφερε να αναπτύξει το γνωστό διωνυμικό θεώρημα, ενώ σημείωσε σημαντική πρόοδο προς την εφεύρεση του διαφορικού και του ολοκληρωτικού λογισμού. Ταυτόχρονα διεξήγαγε έρευνα στον τομέα της οπτικής (βλέπε σελίδα 108). Και σαν να μην ήταν αυτά αρκετά να απασχολήσουν το μυαλό του, ταυτόχρονα ασχολιόταν και με τη μηχανική –τη μελέτη δηλαδή των κινήσεων των ουράνιων σωμάτων.

Ο Νεύτωνας τοποθετήθηκε απέναντι στην κλασική αντίρρηση όσων απέρριπταν την άποψη πως η Γη περιστρέφεται: Αν η Γη περιστρέφεται, γιατί λόγω της φυγόκεντρης δύναμης δεν εκσφενδονίζονται στο Διάστημα τα αντικείμενα που υπάρχουν στην επιφάνεια της Γης; Η απάντηση του Νεύτωνα ήταν ότι πρέπει να υπάρχει, όπως φαίνεται από τη συμπεριφορά των αντικειμένων που πέφτουν, μια ακόμα ισχυρότερη δύναμη που τα έλκει προς τη Γη. Παρατηρώντας την πτώση ενός επιμήκους εκκρεμούς κατάφερε να υπολογίσει την καθοδική επιτάχυνση στην επιφάνεια της Γης. Όταν υπολόγισε την τιμή της φυγόκεντρης δύναμης που ενεργούσε στην επιφάνεια της Γης, αποδείχτηκε ότι ήταν μόλις το 1/300ό της καθοδικής επιτάχυνσης.

Στη συνέχεια μελέτησε το πρόβλημα της Σελήνης και γιατί ούτε εκείνη δεν ξέφευγε προς το Διάστημα. Συμπέρανε ότι πρέπει να υπάρχει μια παρόμοια ελκτική δύναμη που ενεργεί στη Σελήνη και είναι αρκετή να την κρατάει στην τροχιά της. Όταν προσδιόρισε ότι η ελκτική αυτή δύναμη ήταν ανάλογη της απόστασης της Σελήνης, σύμφωνα με

έναν κανόνα ανεστραμμένου τετραγώνου, διαπίστωσε ότι «ταίριαζε πολύ καλά» –όπως ανέφερε ο ίδιος– με τους υπολογισμούς του για τη φυγόκεντρο δύναμη που δημιουργούνταν από την κίνηση της Σελήνης γύρω από τη Γη. Με άλλα λόγια, η καθοδική έλξη της Γης ήταν αρκετή να ισορροπήσει την τάση της Σελήνης να ξεφύγει προς το Διάστημα.

Ο Νεύτωνας ισχυρίστηκε ότι οδηγήθηκε στη θεωρία του μελετώντας την πτώση ενός μήλου στο περιβόλι της μητέρας του. Δεν έχουμε αποδείξεις ότι αυτό ήταν αληθές – μπορεί κάλλιστα να είναι μια πλαστή ιστορία. Ακόμα χειρότερα, λόγω της παθολογικής αδυναμίας του να αποδίδει εύσημα σε άλλους επιστήμονες για κάποιο μέρος των ανακαλύψεών του, αυτό μπορεί να το διέδωσε για να τους αποκλείσει από την υπόθεση. Είναι, ωστόσο, μια καλή ιστορία και γι' αυτό θα έπρεπε ίσως να του επιτρέψουμε το πλεονέκτημα της αμφιβολίας.

Όποια κι αν ήταν η πηγή της, η έμπνευση ήταν αξιοσημείωτη. Το επίτευγμα του Νεύτωνα ήταν ότι ανακάλυψε μια αρχή που ήταν ικανή να ενώσει σε ένα νόμο τη συμπεριφορά των γήινων αντικειμένων, όπως τα μήλα, και των ουράνιων σωμάτων, όπως η Σελήνη. Για να το επιτύχει αυτό έπρεπε να απορρίψει σκέψεις που χρονολογούνταν από την εποχή του Αριστοτέλη: ότι η Γη και ο ουρανός ήταν ξεχωριστοί χώροι που τους κυβερνούσαν διαφορετικοί κανόνες. Επίσης έπρεπε να εφαρμόσει μια ιδέα που φαινόταν μαγική μάλλον παρά επιστημονική: την ιδέα της εξ αποστάσεως δράσης μιας δύναμης, μιας αόρατης δύναμης που ήταν ικανή να κρατάει τη Σελήνη σε τροχιά γύρω από τη Γη και, κατ' επέκταση, έναν απομακρυσμένο πλανήτη σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο. Τώρα που έχουμε συνηθίσει την ιδέα ότι η δύναμη της βαρύ-

τητας υπάρχει σε ολόκληρο το Διάστημα είναι δύσκολο να εκτιμήσουμε πόσο επαναστατική ήταν μια τέτοια άποψη.

Αυτό που έκανε ο Νεύτωνας ήταν κάτι περισσότερο από το να σκεφτεί απλώς την ιδέα μιας δύναμης βαρυτικής έλξης που δρα ακόμα και σε τεράστιες αποστάσεις· το κατέδειξε επίσης με σχετικούς μαθηματικούς υπολογισμούς. Επιπλέον, ενσωμάτωσε τα πολύ σημαντικά συμπεράσματά του σε δηλώσεις τόσο απλές, ώστε κάθε μορφωμένο άτομο μπορούσε να τα καταλάβει. Ο ποιητής Αλεξάντερ Πόουπ συνόψισε το επίτευγμα του Νεύτωνα σε ένα δίστιχο το οποίο, αν και γνώριμο, είναι δύσκολο να βελτιώσουμε από την άποψη της περιγραφής του αντίκτυπου που είχαν οι νόμοι του Νεύτωνα στους συγχρόνους του:

Η φύση και οι νόμοι της κρύβονταν στο σκοτάδι.

Ο Θεός είπε «Γενηθήτω Νεύτων» και όλα έλαμψαν μεμιάς.

Η ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΛΞΗ Η θεωρία του Νεύτωνα στηρίχτηκε στα θεμέλια που έβαλαν οι επιστήμονες που προηγήθηκαν, και ειδικότερα ο Κέπλερ και ο Γαλιλαίος. Ο Κέπλερ προσδιόρισε τη μορφή που έχουν οι τροχιές των πλανητών γύρω από τον Ήλιο και τους μαθηματικούς τύπους που τις περιέγραφαν. Ο Γαλιλαίος αποκάλυψε τον μαθηματικό τύπο της πτώσης των σωμάτων. Το επίτευγμα του Νεύτωνα σε σχέση με τη βαρύτητα ήταν διπλό. Ανακάλυψε την αρχή που διέπει τους νόμους του Κέπλερ και τα μαθηματικά του Γαλιλαίου, και έδωσε μαθηματική απόδειξη ότι οι νόμοι του Κέπλερ δεν ήταν ειδικές περιπτώσεις που εφαρμόζονταν σε μια συγκεκριμένη ομάδα πλανητών, αλλά η αναπόφευκτη συνέπεια μιας δύναμης που λειτουργούσε σε ολόκληρο το σύμπαν.

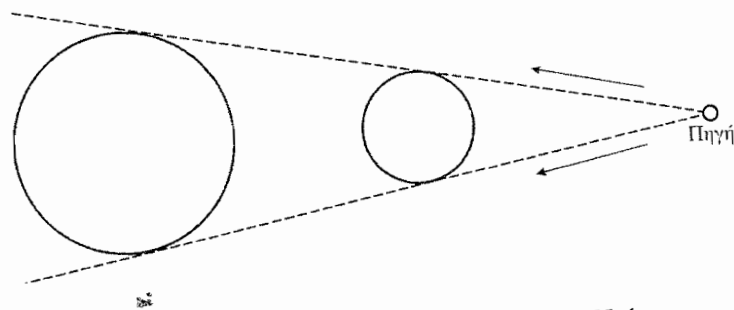
Ο νόμος του για την παγκόσμια έλξη μπορεί να συνοψιστεί σε μία απλή πρόταση:

Η βαρυτική έλξη ανάμεσα σε δύο σώματα είναι:

- α) ανάλογη με το γινόμενο των μαζών τους και
- β) αντιστρόφως ανάλογη προς το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης.

Αυτή η σύντομη δήλωση εξασφάλισε μια πρωτοφανή κατανόηση των φυσικών διαδικασιών. Μας έδωσε τη δυνατότητα να ερμηνεύσουμε τις παλίρροιες, να υπολογίσουμε το βάρος των αστέρων και να περπατήσουμε στη Σελήνη.

ΤΟ ΕΡΓΟ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ Ο Νεύτωνας είχε διατυπώσει τα βασικά στοιχεία της θεωρίας της βαρύτητας προτού γίνει 25 ετών, αλλά θα περνούσαν άλλα είκοσι χρόνια



Εικόνα 7. Ο νόμος των αντιστρόφων τετραγώνων του Νεύτωνα
Η βαρυτική δύναμη που ασκείται από ένα οποιοδήποτε σώμα διαχέεται, σαν το φως, έτσι που σε διπλάσια απόσταση εξαπλώνεται σε περιοχή με τετραπλάσια επιφάνεια, ενώ η ισχύς της μειώνεται στο ένα τέταρτο αυτής που είναι στη μικρότερη απόσταση.

μέχρι να εκδώσει το έργο με το οποίο έγινε γνωστός σε όλο τον κόσμο. Το 1667 επέστρεψε στο Κέμπριτζ και ύστερα από δύο χρόνια διορίστηκε καθηγητής μαθηματικών. Στη θέση αυτή δεν είχε πολλά διδακτικά καθήκοντα, πράγμα ευχάριστο δεδομένου ότι δεν ήταν καλός δάσκαλος.

Η θεωρία του Νεύτωνα μπορεί να συνοψιστεί στις 25 λέξεις της διπλανής σελίδας. Όμως οι λεπτομέρειές της και το βιβλίο στο οποίο αναπτυσσόταν ήταν ακατάληπτες από όλους πλην μερικών από τους πιο ευφυείς ανθρώπους της εποχής του. Κάποιος αριστοκράτης που ενδιαφέρθηκε να το διαβάσει πρόσφερε αμοιβή 500 στερλινών - 50.000 στερλινών ή 69.285 ευρώ με σημερινά δεδομένα - σε όποιον μπορούσε να του το εξηγήσει.

Δεν έχει ακόμη αποσαφηνιστεί ο λόγος για τον οποίο ο Νεύτωνας άφησε το έργο του για τη βαρυτική έλξη να περιμένει σχεδόν είκοσι χρόνια. Είναι γεγονός ότι δεν ενδιαφερόταν πολύ να ανακοινώσει τα αποτελέσματα των ερευνών του στον έξω κόσμο. Ο ίδιος είχε δηλώσει ότι ασχολιόταν με την επιστήμη από προσωπική ικανοποίηση και όχι για να γίνει ευρύτερα γνωστός. Παρ' όλα αυτά, χάρηκε που τον εξέλεξαν μέλος της Βασιλικής Εταιρείας το 1672. Και δεν έχασε την ευκαιρία να ανακοινώσει στα άλλα μέλη μερικές από τις ανακαλύψεις του στον τομέα της οπτικής. Είχε και άλλα ενδιαφέροντα, μεταξύ των οποίων η αλχημεία, και κάποιες αλλόκοτες έρευνες σχετικά με το μυστικό νόημα ορισμένων αποσπασμάτων της Βίβλου. Είναι ωστόσο δύσκολο να πιστέψουμε ότι αν εκείνη την εποχή ο Νεύτωνας ήταν σίγουρος για την ορθότητα της θεωρίας του για τη βαρυτική έλξη, δε θα έσπευδε να εκμεταλλευτεί τη δόξα της ανακάλυψής της. Παρόλο που ήταν σπουδαία φυσιογνωμία,

ακόμα και ο καλύτερος φίλος του –αν υποθέσουμε ότι είχε– θα δίσταζε να τον χαρακτηρίσει ευγενές άτομο. Ήταν κακός, εκδικητικός και δεν ανεχόταν να μην έχει αδιαμφισβήτητο δίκιο. Θα έλεγε κανείς ότι σε ένα βαθμό η μυστικοπάθειά του οφειλόταν στην ανασφάλειά του, που γεννιόταν από μια απόκλιση ανάμεσα στους υπολογισμούς του και τις δυνάμεις που παρατηρούνταν στην πραγματικότητα.

Ανεξάρτητα από τους λόγους, μόνο κατόπιν πίεσης από άλλα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας ασχολήθηκε πάλι με το ίδιο θέμα και παρήγαγε μια ολοκληρωμένη μελέτη της θεωρίας περί βαρύτητας που ενσωμάτωσε στο βιβλίο του με τίτλο *Οι μαθηματικές αρχές της φυσικής φιλοσοφίας*, το οποίο εξέδωσε το 1687. Όπως συνηθιζόταν την εποχή εκείνη, ήταν γραμμένο στη λατινική γλώσσα. Ακόμα και σήμερα είναι γνωστό με τον τίτλο *Principia* (Αρχές). Θα περνούσαν πέντε ακόμα χρόνια μέχρι να υιοθετήσει την αγγλική λέξη «gravity» για να περιγράψει την παγκόσμια δύναμή του. Και μόλις το 1729, δηλαδή σαράντα δύο χρόνια μετά την έκδοσή του και είκοσι τρία χρόνια μετά το θάνατό του, το βιβλίο του εκδόθηκε στη μητρική του γλώσσα.

Ο ΝΕΥΤΩΝΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΠΟΡΤΑΚΙ ΤΗΣ ΓΑΤΑΣ Ο Αϊνστάιν θεωρούσε ότι ο Νεύτωνας ήταν ο σπουδαιότερος επιστήμονας όλων των εποχών, άρα καλά θα κάνουμε να το πιστέψουμε κι εμείς. Είναι καθησυχαστικό να γνωρίζουμε ότι ακόμα και η κολοσσιαία ευφυΐα του δεν τον οδηγούσε πάντα στην πιο απλή λύση. Κάποτε άνοιξε μια τρύπα στην πόρτα του για να μπεινοβγαίνει η γάτα του χωρίς να του αποσπά την προσοχή. Μόλις η γάτα γέννησε, άνοιξε στην πόρτα και μερικές ακόμα μικρότερες τρύπες για τα γατάκια της.

Η ΜΑΖΑ ΚΑΙ ΤΟ ΒΑΡΟΣ Ένα πράγμα που αποσαφηνίστηκε με το έργο του Νεύτωνα είναι η διαφορά ανάμεσα στη μάζα και το βάρος. Η μάζα είναι το σύνολο της ύλης που υπάρχει σε ένα σώμα. Οι αστροναύτες που έχουν μάζα 70 χιλιογράμμων στην επιφάνεια της Γης θα έχουν την ίδια μάζα στην επιφάνεια της Σελήνης. Όμως ενώ το βάρος τους στη Γη θα είναι 70 χιλιόγραμμα, το βάρος τους στη Σελήνη θα είναι μόλις 14 χιλιόγραμμα. Και ενώ βρίσκονται σε τροχιά, μπορεί το βάρος τους να είναι μηδενικό.

Πρέπει όμως να προσέχουν πώς ζυγίζονται. Αν χρησιμοποιούν μια ζυγαριά λουτρού, δε θα υπάρχει πρόβλημα. Οι ζυγαριές λουτρού μετρούν βάρος. Αν όμως κάνουν το λάθος και ζυγιστούν σε ένα μεγάλο ζυγό, και στον ένα δίσκο μπουν εκείνοι και στον άλλο ζύγια 70 χιλιογράμμων, το αποτέλεσμα θα είναι το ίδιο στη Σελήνη όπως και στο σπίτι τους. Οι ζυγοί μετρούν μάζα.

Ο ΚΟΜΗΤΗΣ ΤΟΥ ΕΝΤΜΟΥΝΤ ΧΑΛΕΪ Λόγω του περιορισμένου ενδιαφέροντος που είχε ο Νεύτωνας να ανακοινώνει τις ανακαλύψεις του στους συναδέλφους του επιστήμονες, είναι ασφαλές να πούμε ότι, αν επρόκειτο να αποφασίσει ο ίδιος, το βιβλίο *Αρχές* δε θα κυκλοφορούσε ποτέ. Αν τελικά γράφτηκε και κυκλοφόρησε, αυτό οφείλεται σε μερικά άτομα που ήταν στον στενό κύκλο αυτής της ιδιόρρυθμης και παρανοϊκής ιδιοφυΐας.

Ο Έντμουντ Χάλεϊ ήταν ένας φοιτητής που πλήρωσε μόνος του τα διδακτρά του στο πανεπιστήμιο της Οξφόρδης. Όταν πήγε είχε μαζί του ένα τηλεσκόπιο 7 μέτρων, αλλά έφυγε χωρίς να πάρει πτυχίο. Όσο ακόμα ήταν προπτυχιακός φοιτητής, άρχισε να αλληλογραφεί με τον Τζον Φλάμστιντ,

τον βασιλικό αστρονόμο, σχετικά με κάποια λάθη στους αστρονομικούς πίνακες. Ο Φλάμισντ είχε ξεκινήσει να καταρτίζει ένα βελτιωμένο κατάλογο για τους αστέρες στον ουρανό του Βορρά και ο Χάλεϊ συνέλαβε την ιδέα να καταρτίσει έναν παρόμοιο κατάλογο για τον ουρανό του Νότου. Γι' αυτό και εγκατέλειψε τις σπουδές του και πήγε ακτοπλοϊκώς στη Σάντα Έλενα, σε μεγάλο βαθμό με έξοδα του πατέρα του, επικεφαλής μιας αστρονομικής ερευνητικής ομάδας. Επιστρέφοντας στο Λονδίνο, και ενώ ήταν ακόμη μόλις 21 ετών, εξελέγη μέλος της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου.

Ο Χάλεϊ ήταν επιστήμονας πρώτης γραμμής με πολλά επιτεύγματα στο ενεργητικό του. Αυτός έφτιαξε τους πρώτους χάρτες θαλασσών παγκοσμίως για να δείξει τη διακύμανση του μαγνητισμού. Ήταν ο πρώτος που απέδειξε ότι κάποια αστέρια είχαν τη δική τους *ξεχωριστή κίνηση*. Αυτό το πέτυχε κάνοντας συγκρίσεις της θέσης τριών αστερών – του Σείριου, του Προκύωνα και του Αρκτούρου– επί των ημερών του, με τις θέσεις που είχαν καταγραφεί στο παρελθόν από τον Πτολεμαίο και τον Τίχο Μπράχε. Τελικά συμπέρανε ότι οι διαφορές που αποκάλυψε οφείλονταν στο ότι οι συγκεκριμένοι αστέρες είχαν κινηθεί, κάτι που έπρεπε να περάσουν δύο ακόμα αιώνες για να αποδειχθεί πειραματικά.

Η σπουδαία υπηρεσία που προσέφερε ο Χάλεϊ στην επιστήμη ήταν ότι έπεισε τον Νεύτωνα να γράψει το έργο *Αρχές*. Παρ' όλα αυτά, στην Ιστορία έμεινε για κάτι που συνέβη μετά το θάνατό του. Σε ηλικία 25 ετών, είδε τον τεράστιο κομήτη του 1682. Αυτό τον ώθησε να μελετήσει αξιοσημείωτους κομήτες του παρελθόντος, και τον εντυπωσίασε η ομοιότητα της τροχιάς που ακολούθησε ο κομήτης του

1682 με εκείνες των κομητών που καταγράφηκαν το 1456, το 1531 και το 1607. Το 1705 δημοσίευσε μια εργασία όπου υποστήριξε ότι αυτές ήταν διαδοχικές επισκέψεις ενός κομήτη που περιστρεφόταν γύρω από τον Ήλιο κατά μήκος μιας επιμήκους τροχιάς με περίοδο 75 χρόνων περίπου. Αυτό μπορεί σήμερα να θεωρείται προφανές, αλλά το 1705, δεκαοκτώ μόλις χρόνια μετά τη δημοσίευση των *Αρχών*, σε πολλούς φαινόταν αρκετά τραβηγμένο. Ο Χάλεϊ προέβλεψε ότι ο κομήτης θα επέστρεφε το 1758. Αν και έζησε 85 χρόνια, δεν ευτύχησε να δει την ευστοχία της πρόβλεψής του. Το 1758, δεκαέξι χρόνια μετά το θάνατό του, πέρασε τελικά ο κομήτης του. Ήταν ένα γεγονός που προκάλεσε αίσθηση. Ήταν η πρώτη απόδειξη της προγνωστικής δύναμης των νόμων του Νεύτωνα και του ότι η επιστήμη της μηχανικής των ουράνιων σωμάτων είχε ενηλικιωθεί.

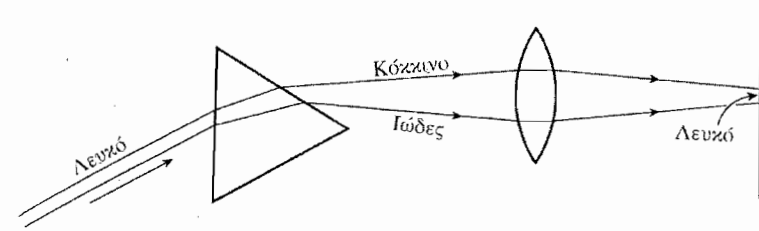
Ο κομήτης του Χάλεϊ, όπως είναι γνωστός, έκτοτε δεν ξέφυγε από τα... ραντεβού του. Για τελευταία φορά εμφανίστηκε το 1986 και οι αστρονόμοι περιμένουν με ανυπομονησία και σιγουριά την επόμενη επίσκεψή του το 2061. Δε θα είναι κάτι εντυπωσιακό, αφού ο κομήτης δε θα βρίσκεται ιδιαίτερα κοντά στη Γη στη συγκεκριμένη «επίσκεψή» του. Όμως όποιος ζει το έτος 2136 θα απολαύσει ένα λαμπρό θέαμα.

Σήμερα ο κομήτης βρίσκεται στη μέση περίπου της διαδρομής που τον απομακρύνει από τη Γη. Το 2003, όταν η απόσταση που τον χώριζε από τη Γη ήταν 4 δισεκατομμύρια χιλιόμετρα, θεάθηκε από το τηλεσκόπιο του Παρανάλ στη Χιλή. Με τον πυρήνα του να έχει πλάτος 10 χιλιομέτρων και την ανακλαστική του δύναμη –δηλαδή τη δύναμη να ανακλά το ηλιακό φως– μόλις 4%, το 2003 ήταν ένα δισεκατομμύριο φορές πιο υποφωτισμένος από το πιο αμυ-

δρό αστέρι με γυμνό μάτι. Τέτοια είναι η ισχύς των σύγχρονων τηλεσκοπίων.

ΤΑ ΧΡΩΜΑΤΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ Στους δεκαοκτώ μήνες που παρέμεινε στο αγρόκτημα της μητέρας του ο Νεύτωνας πραγματοποίησε μια σειρά από έρευνες σχετικά με τη συμπεριφορά του φωτός. Αυτές τον έκαναν να υποπτευθεί ότι το φως το συνθέταν διάφορα είδη φωτός. Γνωρίζοντας ότι ένα γυάλινο πρίσμα –ένα κομμάτι γυαλί με τριγωνική διαμπερή τομή– ήταν σε θέση να αλλάξει τη διεύθυνση των ακτίνων του φωτός, αποφάσισε να εξετάσει αν ένα τέτοιο πρίσμα μπορούσε να επιτύχει το διαχωρισμό που αναζητούσε. Ο Νεύτωνας δεν ήταν το πρώτο άτομο που διερεύνησε την επιρροή του πρίσματος στο φως του ήλιου· ωστόσο, άλλοι πειραματιζόμενοι είχαν εκδηλώσει ενδιαφέρον απλώς για την εκτροπή των ακτίνων, εστιάζοντάς τες σε μια επίπεδη επιφάνεια κοντά στο πρίσμα, με αποτέλεσμα να δουν μόνο μια μικρή κηλίδα λευκού φωτός. Ο Νεύτωνας είχε την έμπνευση να εστιάσει το φως που έριχνε το πρίσμα του σε έναν τοίχο που βρισκόταν σε απόσταση 7 μέτρων και επιβραβεύτηκε με μια δέσμη φωτός που παρουσίαζε όλα τα χρώματα του ουράνιου τόξου.

Ο Νεύτωνας συνειδητοποίησε ότι αυτό δεν αποδείκνυε πως τα χρώματα περιέχονταν στο φως προτού αυτό εισέλθει στο πρίσμα. Θα μπορούσαν να είχαν δημιουργηθεί μέσα στο πρίσμα. Γι' αυτό και τοποθέτησε ένα φακό στην πορεία του φωτός που εξερχόταν από το πρίσμα και συγκέντρωσε τις ακτίνες σε ένα συγκεκριμένο σημείο. Όταν συνέβη αυτό, ανακάλυψε ότι τα χρώματα συνέθεταν πάλι το λευκό φως. Αυτό τον οδήγησε σε τρία συμπεράσματα:



Εικόνα 8. Το πείραμα του Νεύτωνα με το ηλιακό φως

Όταν το ηλιακό φως πέσει πάνω σε ένα πρίσμα η διαφορετική γωνία διάθλασης του φωτός με διαφορετικό μήκος κύματος διασπάται στα χρώματα που το συνθέτουν. Όταν αυτά εστιαστούν πάλι με ένα φακό, ανασυντίθεται το αρχικό λευκό φως.

1. ότι το ηλιακό φως συντίθεται από φως επτά διαφορετικών χρωμάτων,
2. ότι ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού ήταν μεγαλύτερος για κάποια χρώματα και μικρότερος για άλλα, και
3. ότι η αύξηση της διάθλασης ήταν προοδευτική κατά μήκος του φάσματος.

Ο Νεύτωνας δεν ήταν ο πρώτος που παρατήρησε την ικανότητα ενός γυάλινου αντικειμένου να αναλύει το λευκό φως σε ένα φάσμα χρωμάτων. Το φαινόμενο αυτό ήταν γνωστό από την εποχή σχεδόν που εφευρέθηκε το διαφανές γυαλί. Όμως οι προηγούμενοι παρατηρητές είχαν υποθέσει ότι το φως μετασχηματιζόταν κατά τη διέλευσή του από το γυαλί. Το επίτευγμα του Νεύτωνα ήταν ότι απέδειξε πως τα χρώματα ενυπήρχαν στο φως. Αυτή ήταν μια ανακάλυψη που δεν είχε καμία εφαρμογή εκείνη την εποχή.

Ωστόσο, αποτέλεσε τη βάση μιας επιστημονικής τεχνικής –της φασματοσκοπίας– η οποία αργότερα θα έφερνε την επανάσταση στην εφαρμογή της αστρονομίας.

ΤΟ ΟΥΡΑΝΙΟ ΤΟΞΟ Η σπουδαιότητα του πειράματος του Νεύτωνα με το πρίσμα έγκειται στο γεγονός ότι απέδειξε για πρώτη φορά πως τα χρώματα του ουράνιου τόξου εμπι-
ριέχονται στο ηλιακό φως, και όχι σε κάποια μετασημα-
σμένη μορφή του. Ερμηνεία στο ουράνιο τόξο είχε δοθεί
προτού ακόμα γεννηθεί ο Νεύτωνας.

Το ουράνιο τόξο προκαλείται από τη διάθλαση του ηλια-
κού φωτός καθώς αυτό διέρχεται από σταγονίδια νερού, την
ώρα της βροχής. Κάθε σταγονίδιο ενεργεί ως πρίσμα. Το
φως του ήλιου που πέφτει πίσω από τον παρατηρητή αντα-
νακλάται από την πίσω πλευρά του σταγονιδίου και εμφα-
νίζεται ως λωρίδα χρωμάτων που διαχωρίστηκαν κατά τη διέ-
λευσή τους μέσω των τοιχωμάτων της βροχόπτωσης. Τα με-
μονωμένα χρώματα που απαρτίζουν το ουράνιο τόξο προ-
έρχονται από σταγονίδια που, καθώς βρίσκονται σε διαφο-
ρετική θέση στον ουρανό, προβάλλουν ένα διαφορετικό τμή-
μα του φάσματος στο μάτι του παρατηρητή. Το τόξο απο-
τελεί τμήμα του κύκλου του διαθλασμένου φωτός με ένα κέ-
ντρο ακριβώς απέναντι από τη θέση του ήλιου στον ουρα-
νό. Το πόσο τμήμα του κύκλου είναι ορατό εξαρτάται από
το πόσο χαμηλά βρίσκεται ο ήλιος και πόσο ψηλά βρίσκεται
ο παρατηρητής. Μερικές φορές φαίνεται ένα δεύτερο ουρά-
νιο τόξο με τα χρώματά του αντεστραμμένα. Αυτό το δεύ-
τερο ουράνιο τόξο προκαλείται από το φως που πέφτει σε
άλλα σταγονίδια με πιο μεγάλη γωνία και ακολουθεί μια
διαφορετική πορεία μέσα τους.

ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ Τώρα γνωρίζουμε
ότι το φάσμα του Νεύτωνα είναι μία μόνο δέσμη –το ορατό
μέρος– ενός πολύ ευρύτερου φάσματος ηλεκτρομαγνητι-
κής ακτινοβολίας, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας δεν εί-
ναι ορατό από τον άνθρωπο:



Εικόνα 9. Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

ΠΩΣ ΒΛΕΠΟΥΜΕ ΤΟ ΧΡΩΜΑ Το χρώμα είναι σε τέτοιο
βαθμό κομμάτι της καθημερινής εμπειρίας μας –για όσους
από εμάς δεν έχουμε αχρωματοψία– που μας είναι δύσκολο
να πιστέψουμε ότι υπάρχει απλώς μέσα στο μυαλό μας. Όταν
λέμε ότι κάτι είναι μπλε, ή πράσινο, ή κίτρινο, δεν περιγρά-
φουμε ένα φυσικό φαινόμενο, αλλά δίνουμε απλώς ένα όνομα
σε μια αίσθηση που βιώνουμε, όπως κάνουμε και όταν περι-
γράφουμε κάτι ως «μάλλον καυτό» ή «πολύ παγωμένο». Το
φάσμα του ορατού φωτός είναι μια συνεχής κλίμακα ηλε-
κτρομαγνητικής ακτινοβολίας με διαφορετικό μήκος κύμα-
τος. Ο κερατοειδής χιτώνας του ανθρώπινου ματιού περιέ-
χει περίπου 6 εκατομμύρια φωτοευαίσθητα κύτταρα, τους
«κώνους», που αντιδρούν σε συγκεκριμένα μήκη κύματος

του φωτός. Τα δύο τρίτα περίπου από αυτά είναι «κόκκινοι» κώνοι, οι οποίοι καταγράφουν το φως σε μια στενή λωρίδα που την αποκαλούμε «ερυθρά περιοχή του φάσματος». Σχεδόν το ένα τρίτο εξ αυτών είναι οι «πράσινοι» κώνοι και οι υπόλοιποι –μόλις το 2%– είναι οι «μπλε» κώνοι. Ο εγκέφαλος δίνει τον ορισμό του χρώματος ενός οποιουδήποτε αντικειμένου συγκρίνοντας την ένταση των μηνυμάτων που λαμβάνει από τα τρία είδη κυττάρων. Γι' αυτόν το λόγο ονομάζουμε αυτά τα τρία χρώματα «βασικά», ενώ οι άλλες αισθήσεις, που έχουν μέση βαθμολογία, αντιπροσωπεύουν για μας «δευτερεύοντα» χρώματα.

Επειδή το χρώμα είναι μια νοητική αίσθηση και όχι ένα φυσικό γεγονός, το μάτι μπορεί να ξεγελαστεί και να δει «κάτι» που κάποιος θα μπορούσε να μπει στον πειρασμό να χαρακτηρίσει φυσικά χρώματα, τα οποία στην πραγματικότητα δημιουργούνται από τελείως διαφορετικά μήκη κύματος. Το πιο χτυπητό παράδειγμα αυτού του είδους απάτης είναι η έγχρωμη τηλεόραση. Η τηλεοπτική εικόνα δημιουργείται από τα χρώματα ματζέντα, κίτρινο και κυανό. Τα μήκη κύματος των χρωμάτων αυτών είναι πολύ διαφορετικά από τα βασικά χρώματα –δηλαδή το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε–, αλλά ο μηχανισμός «εύρεσης του μέσου όρου» που διαθέτει ο εγκέφαλος καταγράφει μια χρωματική εικόνα που αντιστοιχεί πολύ προς εκείνη που θα μπορούσε να καταγραφεί αν το μάτι βρισκόταν εκεί που βρίσκεται ο φακός της κάμερας.

ΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΙΔΗ ΦΩΤΟΣ Αν βγείτε έξω μια ηλιόλουστη μέρα δε θα έχετε καμία αμφιβολία ότι το ηλιακό φως προέρχεται από κάποια θερμή πηγή. Η πηγή του ηλιακού φωτός και

του μεγαλύτερου μέρους του φωτός που υπάρχει στο σύμπαν είναι η *πυράκτωση*, το φως που εκπέμπεται από τις πολύ θερμές ουσίες. Αυτό ήταν ξεκάθαρο και στον Νεύτωνα, αλλά και στον Αριστοτέλη. Όταν οι σύγχρονοι του Νεύτωνα κάθονταν στη λιακάδα μέρα μεσημέρι και συσκέπτονταν σχετικά με τη σπουδαιότητα του νόμου των αντίστροφων τετραγώνων και την τεράστια απόσταση που απέχει η Γη από τον Ήλιο, συνειδητοποιούσαν ότι ο Ήλιος πρέπει να ήταν πραγματικά πολύ ζεστός. Παρ' όλα αυτά, ως προς το τι ήταν σε θέση να αυξήσει τη θερμοκρασία τόσο πολύ, σε τόσο μεγάλα χρονικά διαστήματα, δεν αποδεικνύονταν πολύ σοφότεροι από τους αρχαίους Αιγυπτίους. Έπρεπε να περάσουν άλλοι δύο αιώνες μέχρι να γίνει γνωστό ότι οι φωτιές του Ήλιου πυροδοτούνταν από μια διαδικασία άγνωστη στη Γη.

Η πυράκτωση είναι η πιο σημαντική πηγή φωτός πάνω στη Γη, αλλά δεν είναι η μόνη. Υπάρχει και το φως που εκπέμπεται από τις ψυχρές ουσίες. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *φωταύγεια* και έχει τέσσερις μορφές:

1. *Βιοφωταύγεια*: το φως που εκπέμπουν πλάσματα όπως οι πυγολαμπίδες. Η πηγή είναι μια χημική αντίδραση που σημειώνεται μέσα στο σώμα των ζώων.

2. *Φωσφορισμός*: σταδιακή απελευθέρωση παλαιότερα αποθηκευμένης ενέργειας από ουσίες όπως τα φωσφορίζοντα χρώματα. Η ενέργεια απορροφάται από το φως του ήλιου και στη συνέχεια απελευθερώνεται. Η απελευθέρωση είναι μια συνεχής διαδικασία, αλλά παρατηρείται στο σκοτάδι.

3. *Φθορισμός*: η ταχεία απελευθέρωση, με τη μορφή ορατού φωτός, ενέργειας που έχει απορροφηθεί από το υπεριώδες φως. Επειδή τα φθορίζοντα υλικά αποκτούν τη φωτεινή

ενέργειά τους από το υπεριώδες φως, μπορούν να λάμπουν στο σκοτάδι.

4. **Τριβοφωταύγεια:** μια μορφή φωτός που απελευθερώνεται για λίγο όταν τριφτούν κάποια είδη κρυστάλλων.

Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ Ένα ερώτημα που έθεσε ο Γαλιλαίος στον εαυτό του αλλά δεν κατόρθωσε να απαντήσει ήταν το εξής: «Το φως έχει συγκεκριμένη ταχύτητα;» Ο Αριστοτέλης είχε απαντήσει αρνητικά. Κι αν ο Αριστοτέλης είχε απαντήσει αρνητικά, αυτό ήταν αρκετό για τους περισσότερους αστρονόμους του δέκατου έβδομου αιώνα. Σε μια προσπάθεια να διαπιστώσει αν είχε δίκιο ο Αριστοτέλης, ο Γαλιλαίος πειραματίστηκε με φωτεινά σιινιάλα ανάμεσα σε δύο λόφους. Πήγε ο ίδιος στον ένα λόφο και στον άλλο έβαλε ένα βοηθό του, στον οποίο έδωσε εντολή να του κάνει σιινάλο όταν θα έβλεπε το σιινάλο του Γαλιλαίου. Το σκεπτικό ήταν το εξής: ο χρόνος που θα μεσολαβούσε μέχρι να δοθεί σήμα ότι ελήφθη το δικό του σήμα θα ήταν ο χρόνος που θα χρειαζόταν το φως για να καλύψει τη διπλάσια απόσταση. Η αρχή ήταν έγκυρη, αλλά ο χρόνος ήταν πάρα πολύ μικρός και οποιαδήποτε καθυστέρηση θα μπορούσε εύκολα να αποδοθεί σε μια όχι άμεση αντίδραση του Γαλιλαίου ή του βοηθού του. Το 1672 ένας Δανός αστρονόμος, ο Όλε (Όλαους) Ρέμερ, έχοντας στη διάθεσή του μόνο ένα τηλεσκόπιο, κατάφερε αυτό που δεν κατάφερε ο Γαλιλαίος.

Ο Ρέμερ ήταν γιος ενός πλοιοκτήτη. Γεννήθηκε στο Όρχους, τη δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της Δανίας, το 1644. Σπούδασε αστρονομία στην Κοπεγχάγη. Το 1671, σε ηλικία 27 ετών, τον κάλεσαν στο Παρίσι για να εργαστεί ως βοηθός του Γάλλου αστρονόμου Ζαν Πικάρ. Παρέμεινε εκεί

μέχρι το 1681, όταν επέστρεψε στη γενέτειρά του, τη Δανία, ως αστρονόμος του βασιλιά.

Ο Πικάρ, ο οποίος ήταν καθηγητής αστρονομίας στο Κολέζ ντε Φρανς, αργότερα επιχείρησε να πραγματοποιήσει την πρώτη επακριβή μέτρηση της περιφέρειας της Γης χρησιμοποιώντας την ίδια μέθοδο με τον Ερατοσθένη, αλλά στηριζόμενος στην κλίση ενός αστέρα και όχι του Ήλιου. Χρησιμοποιώντας τον αστέρα ως δείγμα φωτός, και όχι τον Ήλιο, είχε στο αποτέλεσμα του πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια. Η μέτρηση του Πικάρ ήταν εκείνη που θα έδινε στην κατάλληλη χρονική στιγμή τη δυνατότητα στον Νεύτωνα να επιβεβαιώσει την εγκυρότητα των υπολογισμών που συνόδευαν τη θεωρία του περί παγκόσμιας έλξης.

Ο Πικάρ είχε εποπτεύσει τη συγκέντρωση από έναν άλλο βοηθό του, τον Ιταλό Τζοβάνι Κασίνι, μιας σειράς παρατηρήσεων σχετικά με τις κινήσεις των δορυφόρων του Δία. Αυτές έδωσαν θεωρητικά τη δυνατότητα να προβλέψει κανείς με ακρίβεια πότε θα παρουσιάσει έκλειψη ένας δορυφόρος καθώς θα περνάει πίσω από τον πλανήτη. Μελετώντας αυτές τις παρατηρήσεις, ο Ρέμερ διαπίστωσε μια κανονικότητα. Όταν η Γη και ο Δίας βρίσκονταν στην ίδια πλευρά του Ήλιου –αυτό συμβαίνει όταν είναι κοντά τα δύο αυτά σώματα– οι εκλείψεις συνήθως γίνονταν νωρίς. Όταν η Γη και ο Δίας βρίσκονταν σε αντίθετες πλευρές του Ήλιου, οι εκλείψεις καθυστερούσαν πάντα.

Σε μια στιγμή έμπνευσης ο Ρέμερ μάντεψε ότι οι αποκλίσεις οφείλονταν στο χρόνο που χρειαζόταν το φως για να καλύψει την ενδιάμεση απόσταση. Όταν η Γη και ο Δίας είναι στην ίδια πλευρά του Ήλιου, απέχουν μόλις 650 εκατομμύρια χιλιόμετρα. Όταν βρίσκονται σε αντίθετες πλευ-

ρές του Ήλιου, η μεταξύ τους απόσταση είναι σχεδόν 950 εκατομμύρια χιλιόμετρα. Ο Ρέμερ συμπέρανε ότι η χρονική απόκλιση ανάμεσα στην πιο πρώιμη και την πιο καθυστερημένη παρατήρηση έκλειψης ισοδυναμούσε με το χρόνο που χρειαζόταν το ηλιακό φως, το οποίο αντανακλόταν στην επιφάνεια των δορυφόρων, να διανύσει την επιπλέον απόσταση των 300 εκατομμυρίων χιλιομέτρων. Εφαρμόζοντας στην πράξη αυτό το σκεπτικό, υπολόγισε την ταχύτητα του φωτός σε 220.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο. Ανακοίνωσε το αποτέλεσμα σε μια συνεδρίαση της Ακαδημίας Επισημών στο Παρίσι το 1676. Δεν είχε κανένα σημαντικό αντίκτυπο στους συγχρόνους του, παρόλο που μερικοί επιφανείς άντρες της εποχής του –μεταξύ των οποίων ο Πικάρ, ο Χόιχενς και ο Νεύτωνας– ήταν έτοιμοι να υποστηρίξουν τους υπολογισμούς του. Σύμφωνα με πιο πρόσφατες μετρήσεις ο ακριβής αριθμός είναι 300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο, γεγονός που κάνει την εκτίμηση του Ρέμερ να υπολείπεται κατά 25% περίπου. Αυτό όμως δεν καθρεφτίζει ούτε λανθασμένη λογική ούτε λανθασμένα μαθηματικά: οι υπολογισμοί του Ρέμερ βασίστηκαν σε εκτιμήσεις εκείνης της εποχής για το μέγεθος της τροχιάς της Γης. Αν είχε στα χέρια του τον σωστό αριθμό, οι υπολογισμοί του θα τον είχαν οδηγήσει στη σωστή απάντηση.

Όποιος μπαίνει στον πειρασμό να νομίσει ότι η τεχνολογία είναι πάντα εφαρμοσμένη επιστήμη, και ποτέ το αντίθετο, πρέπει να σκεφτεί ότι αυτή η απόδειξη για τον πεπερασμένο χαρακτήρα της ταχύτητας του φωτός –μια ανακάλυψη με ζωτική σημασία για την πρόοδο της φυσικής και της κοσμολογίας στον εικοστό αιώνα– δε θα ήταν δυνατή αν δεν είχε εφευρεθεί το τηλεσκόπιο.

ΚΟΙΤΑΖΟΝΤΑΣ ΠΙΣΩ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ Η απόδειξη της πεπερασμένης ταχύτητας του φωτός έφερε την ανθρωπότητα ενώπιον ενός συγκλονιστικού νέου γεγονότος: ότι όταν κοιτάζουμε στο Διάστημα, κοιτάζουμε πίσω στο χρόνο. Όταν κοιτάζουμε τη Σελήνη, τη βλέπουμε όπως ήταν πριν από 1,5 δευτερόλεπτα. Όταν κοιτάζουμε τον Ήλιο, τον βλέπουμε όπως ήταν πριν από 8 λεπτά. Όταν κοιτάζουμε τον πλησιέστερο αστέρα, τον βλέπουμε όπως ήταν πριν από 4 χρόνια. Όταν κοιτάζουμε το Μεγάλο Νεφέλωμα της Ανδρομέδας –τον πλησιέστερο προς εμάς γαλαξία– το βλέπουμε όπως ήταν πριν από 2 εκατομμύρια χρόνια. Και όταν κοιτάζουμε τον πιο απομακρυσμένο ορατό γαλαξία, τον βλέπουμε όπως ήταν όταν το σύμπαν ήταν νέο, πριν από 10 δισεκατομμύρια χρόνια.

Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ Το 1969, όταν το πλήρωμα της αποστολής *Απόλλων 11* προσεδαφίστηκε στη Σελήνη, μία από τις πρώτες ενέργειές του ήταν να ξεδιπλώσει την αμερικανική σημαία. Θα ήταν καλά αν το τελευταίο πράγμα που είχαν κάνει ήταν να έγραφαν πάνω στη σκόνη τη φράση «Ο Ισαάκ Νεύτωνας ήταν εδώ». Τα διαστημικά ταξίδια όντως είναι εφαρμοσμένη επιστήμη. Και η τεχνολογία τους έχει τις ρίζες της σε δύο έννοιες κεντρικές για την πλανητική θεωρία του Νεύτωνα: την *ταχύτητα διαφυγής* και την *ορμή*.

Αν εκτοξεύσουμε προς τα πάνω ένα βέλος, το ύψος στο οποίο θα φτάσει εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία βλήθηκε. Από τη στιγμή που φεύγει από το τόξο, η βαρύτητα της Γης επιβραδύνει την κίνησή του. Το βέλος παύει να ανεβαίνει όταν η έλξη της βαρύτητας υπερβαίνει την ανοδική ορμή του. Το ίδιο συμβαίνει με ένα διαστημόπλοιο, το οποίο

είναι ένα βέλος που βάλλεται προς τα άστρα. Ενώ όμως το βέλος πρέπει να πέσει πάλι στη Γη, το διαστημόπλοιο έχει μια επιλογή. Αυτό δε συμβαίνει επειδή έχει απεριόριστο απόθεμα καυσίμων. Συμβαίνει επειδή υπάρχει μια ταχύτητα που, από τη στιγμή που θα επιτευχθεί, δίνει τη δυνατότητα σε ένα οποιοδήποτε αντικείμενο να αποδράσει οριστικά από την έλξη του πλανήτη από τον οποίο εκτοξεύτηκε. Η τιμή της ταχύτητας διαφυγής διαφέρει από πλανήτη σε πλανήτη.

Η δύναμη της βαρύτητας στην επιφάνεια ενός πλανήτη εξαρτάται από δύο πράγματα: από τη μάζα του πλανήτη και από την απόσταση από το κέντρο του. Καθώς ένα αντικείμενο απομακρύνεται από την επιφάνεια ενός πλανήτη η έλξη της βαρύτητας μειώνεται σύμφωνα με το νόμο του Νεύτωνα περί αντίστροφων τετραγώνων. Ένα αντικείμενο στην επιφάνεια της Γης απέχει 6.400 χιλιόμετρα από το κέντρο της. Σε απόσταση 6.400 χιλιομέτρων πάνω από τη στάθμη της θάλασσας η δύναμη της βαρύτητας μειώνεται κατά 75%. (Ο διπλασιασμός της απόστασης από το κέντρο της Γης μειώνει τη δύναμη της βαρύτητας κατά το ένα τέταρτο αυτής που ήταν στην επιφάνειά της.) Σε ένα ύψος 32.000 χιλιομέτρων έχει μόλις το 1/25ο (4%) της ισχύος της στη στάθμη της θάλασσας. Επειδή η ισχύς της βαρύτητας μειώνεται καθώς απομακρυνόμαστε από τη Γη, υπάρχει μια ταχύτητα εκτόξευσης που είναι αρκετά δυνατή για να διασφαλίσει ότι η βαρύτητα δε θα κατορθώσει ποτέ να σταματήσει ένα διαστημόπλοιο. Στην επιφάνεια της Γης αυτή η ταχύτητα διαφυγής είναι 11 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο.

Η έννοια της ταχύτητας διαφυγής γίνεται ευρύτερα αντιληπτή με λάθος τρόπο. Στην πράξη δεν είναι απαραίτητο ένα διαστημόπλοιο να εκτοξευτεί με μια τέτοια ταχύτητα. Στην

ουσία, όπως καταλαβαίνει πολύ εύκολα κάποιος, ένα διαστημόπλοιο θα χρειαζόταν, θεωρητικά, μια ήπια, συνεχή ώση που θα διασφάλιζε την αργή άνοδό του, και έτσι θα ήταν σίγουρο ότι θα διαφύγει. Το πρόβλημα είναι ότι το ταξίδι του θα είχε πολυέξοδη καθυστέρηση – αν, βέβαια, δεν του τελειώναν τα καύσιμα. Αυτό που συμβαίνει στην πράξη είναι ότι το διαστημόπλοιο επιταχύνει σταδιακά την πορεία του για πέντε περίπου λεπτά, μέχρι δηλαδή να βρεθεί σε απόσταση 1.600 χιλιομέτρων πάνω από τη Γη· εκεί πια, έχοντας φτάσει στην ταχύτητα διαφυγής των 6 χιλιομέτρων ανά δευτερόλεπτο που ισχύει σε αυτό το ύψος, εισέρχεται σε μια κυκλική τροχιά από την οποία ξεκινάει την προγραμματισμένη πορεία του.

Μία άλλη έννοια που συνοδεύει την τεχνολογία του διαστημικού ταξιδιού είναι η *ορμή*. Αυτή δεν είναι ίδια με την ταχύτητα. Η ορμή είναι μάζα πολλαπλασιασμένη επί την ταχύτητα. Αν δύο πανομοιότυπα φορτηγά κινούνται σε καταφορικό δρόμο με ταχύτητα 80 χιλιομέτρων την ώρα, το φορτηγό με το πιο βαρύ φορτίο θα έχει τη μεγαλύτερη ορμή. Για να το επιβραδύνεις θα χρειαστεί πιο βίαιη πίεση των φρένων. Αν δεν πατηθούν τα φρένα, το φορτηγό με τη μεγαλύτερη ορμή θα εκδηλώσει την επιπλέον ενέργεια που περιέχει η κίνησή του με τη ζημία που θα υποστεί το ίδιο και όποιο αντικείμενο πάνω στο οποίο θα συγκρουστεί. Με τον ίδιο τρόπο απαιτείται περισσότερη ενέργεια για να ωθήσουμε ένα βαρυφορτωμένο διαστημόπλοιο μέχρι την ταχύτητα διαφυγής του απ' ό,τι ένα ελαφρύτερο. Οι πρώτοι μηχανικοί που ασχολήθηκαν με το Διάστημα αφιέρωσαν πολύ χρόνο για να υπολογίσουν πώς θα ξεφύγει το διαστημόπλοιο από ένα φαύλο κύκλο στον οποίο η μεγαλύτερη επιτάχυνση προϋπέθετε περισσότερα καύσιμα, γεγονός που σήμαινε μεγαλύτερο διαστημό-

πλοιο, πράγμα που απαιτούσε περισσότερη ενέργεια, και αυτό με τη σειρά του περισσότερα καύσιμα και ούτω καθεξής. Αυτός ο προβληματισμός υπαγόρευσε μια σχεδίαση που έκανε δυνατή τη διαδοχική απόρριψη μεγάλων τμημάτων του διαστημόπλοιου μόλις αναλώνονταν τα καύσιμά του.

Η ευχάριστη είδηση γι' αυτούς που σχεδίασαν την πρώτη διαστημική αποστολή ήταν το γεγονός ότι η ταχύτητα διαφυγής της Σελήνης είναι πολύ μικρότερη από εκείνη της Γης. Παρόλο που η επιφάνεια της Σελήνης είναι πιο κοντά στο κέντρο της απ' ό,τι στην περίπτωση της Γης, η μάζα της Σελήνης είναι μόλις το ένα ογδοηκοστό της μάζας της Γης. Ως αποτέλεσμα, η δύναμη της βαρύτητας είναι πολύ μικρότερη στη Σελήνη. Όπως ακριβώς οι εξερευνητές της Σελήνης ήταν σε θέση να κάνουν μεγαλύτερα άλματα απ' ό,τι όταν βρίσκονταν στη Γη, παρά τον βαρύ εξοπλισμό τους, το διαστημόπλοιο τους έπρεπε να επιτύχει μια πολύ μικρότερη ταχύτητα για να απομακρυνθεί από τη Σελήνη απ' ό,τι χρειαζόταν το αρχικό διαστημόπλοιο για να απογειωθεί. Το αντίθετο ισχύει για τους μεγαλύτερους πλανήτες. Η ισχύς της βαρύτητας στην επιφάνεια του Δία είναι δύομισι φορές εκείνης της Γης, και η ταχύτητα διαφυγής είναι 60 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο.

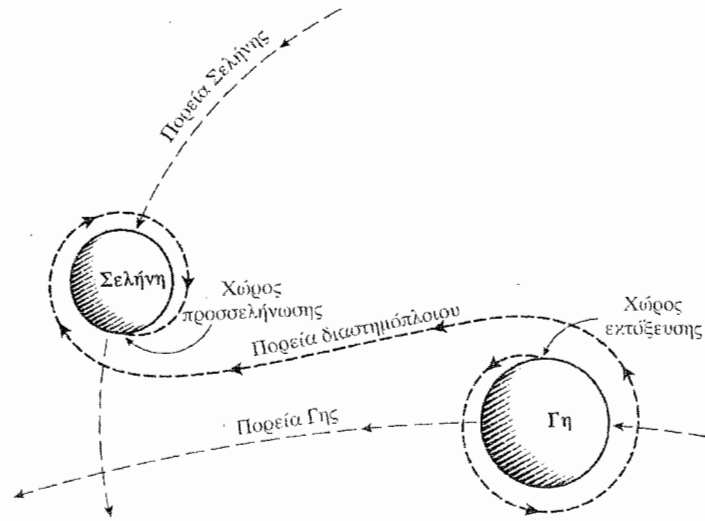
Η ΑΠΟΧΩΡΗΣΗ ΑΠΟ ΤΗ ΣΕΛΗΝΗ Ερώτηση: Αν η ταχύτητα διαφυγής από τη Γη είναι 11 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο, η μάζα της Σελήνης είναι το ένα ογδοηκοστό της μάζας της Γης και η ακτίνα της Σελήνης είναι το ένα τέταρτο της ακτίνας της Γης, ποια είναι η ταχύτητα διαφυγής από τη Σελήνη;

Απάντηση: Αν όλα τα υπόλοιπα παραμείνουν ως έχουν, η μάζα της Σελήνης θα κάνει την ισχύ της βαρυτικής έλξης να

είναι το ένα ογδοηκοστό εκείνης της Γης. Ωστόσο, το γεγονός ότι η ακτίνα της είναι μόλις το ένα τέταρτο εκείνης της Γης, από μόνη της θα έκανε τη δύναμη της βαρύτητας στην επιφάνειά της να είναι 16 φορές μεγαλύτερη απ' ό,τι στην επιφάνεια της Γης. Η δύναμη της βαρύτητας πάνω στη Σελήνη πρέπει επομένως να είναι το $1/80$ ο πολλαπλασιασμένο επί 16, που σημαίνει $1/5$ ο, εκείνης που υπάρχει στη Γη. Αυτό σημαίνει ότι η ταχύτητα διαφυγής της Σελήνης πρέπει να είναι το ένα πέμπτο των 11 χιλιομέτρων ανά δευτερόλεπτο, δηλαδή 2,4 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο.

Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΤΡΟΧΙΩΝ Ένα από τα πρώτα μαθήματα που πρέπει να μάθει ο κυνηγός είναι ότι δεν ωφελεί να στοχεύει το όπλο του σε ένα ελάφι που τρέχει. Μέχρι να φτάσει η σφαίρα του στη θέση που ήταν το ελάφι, εκείνο θα βρίσκεται κάπου αλλού. Ομοίως, δεν ωφελεί να στοχεύεις ένα διαστημόπλοιο απευθείας στη διερχόμενη Σελήνη. Μέχρι να φτάσει εκεί, η Σελήνη δε θα βρίσκεται σε εκείνη τη θέση. Η επιστήμη των διαστημικών ταξιδιών είναι από αυτή την άποψη η επιστήμη του κυνηγιού: πρέπει να σημαδέψεις το σημείο στο οποίο ελπίζεις να βρίσκεται ο κινούμενος στόχος.

Ωστόσο, τα διαστημικά ταξίδια είναι πιο δύσκολα από το να σημαδεύεις από τη βεράντα σου με σφαίρες διασποράς ένα ελάφι που τρέχει σε κοντινή απόσταση. Σε αυτή την περίπτωση όλα κινούνται, ακόμα και η βεράντα. Όπως συμβαίνει με οτιδήποτε βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια της Γης, όλα κινούνται σε κυκλική τροχιά με ταχύτητα 1.600 χιλιομέτρων την ώρα. Επίσης κινούνται –με 80.000 χιλιόμετρα την ώρα– προς την κατεύθυνση της τροχιάς της Γης. Αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα για τον αστροναύτη που βρίσκεται μέσα στο δια-



Εικόνα 10. Απλουστευμένη απεικόνιση ενός ταξιδιού προς τη Σελήνη
 Σημείωση: Το σχήμα δείχνει την αρχή στην οποία στηρίζεται η διαδρομή, και όχι την πραγματική της πορεία.

στημόπλοιο, επειδή αυτός κινείται με την ίδια ταχύτητα στην ίδια τροχιά. Όμως είναι πρόβλημα γι' αυτόν που καταστρώνει τα σχέδια της πτήσης. Σε αντίθεση με τον καθισμένο κυνηγό, αυτός δεν μπορεί να στοχεύσει το βλήμα του ίσια στο σημείο όπου προσδοκά ότι θα βρίσκεται η Σελήνη. Πρέπει να ενσωματώσει την κίνηση που κάνει το διαστημόπλοιο από κοινού με την επιφάνεια της Γης σε ένα διάδρομο πτήσης ο οποίος θα καταφέρει να το οδηγήσει στη σημείο όπου θα βρίσκεται η Σελήνη αφού θα έχει διανυθεί η απόσταση ως εκεί. Η λύση στο πρόβλημα αυτό είναι ένα διευρυνόμενο προς τα έξω σπирάλ, που συνδυάζει την κίνηση της Γης και την ανοδική κίνηση του διαστημόπλοιου, το οποίο θα ακολουθήσει το δια-

στημόπλοιο μέχρι να βρεθεί στις ανοιχτές αγκάλες της σεληνιακής βαρύτητας και να ταξιδέψει ακολουθώντας μια τροχιά συσπειρούμενου σπирάλ προς το χώρο της προσσελήνωσης. Έναν τέτοιο υπολογισμό μόνο ένας υπολογιστής μπορεί να εκτελέσει.

ΕΙΔΗ ΟΡΜΗΣ Η ορμή που διαθέτει ένα φορτηγό το οποίο κινείται σε κατηφορικό δρόμο είναι *γραμμική ορμή*. Η ορμή που έχουν συστήματα όπως η Γη ή η Σελήνη είναι *γωνιακή ορμή*. Κάθε κίνηση συμμορφώνεται προς έναν κανόνα που είναι γνωστός ως *διατήρηση της ορμής*, που δηλώνει ότι η ορμή μπορεί να μεταδοθεί, αλλά δεν καταστρέφεται. Αν μια μπίλια του μπιλιάρδου χτυπήσει μίαν άλλη, η συνολική ορμή που κατέχουν και οι δύο μπίλιες μετά τη σύγκρουση πρέπει να ισούται με την ορμή που είχε προηγουμένως η πρώτη κινούμενη μπίλια. Αυτή είναι η ίδια αρχή που υπαγορεύει ότι η τροχιά της Σελήνης πρέπει να διευρύνεται καθώς η Γη επιβραδύνει, έτσι ώστε η γωνιακή ορμή του συστήματος να διατηρείται.

Ο ΧΟΪΧΕΝΣ ΚΑΙ ΤΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ Στο διάστημα που μεσολάβησε από την έκδοση του βιβλίου του Κοπέρνικου το 1543 μέχρι και το θάνατο του Γαλιλαίου το 1642 η φυσική και η αστρονομία σημείωσαν τεράστιες προόδους. Μέχρι τα μέσα του δέκατου έβδομου αιώνα, όμως, και οι δύο επιστήμες αντιμετώπισαν ένα πρόβλημα που απείλησε να σταματήσει την περαιτέρω ανάπτυξή τους. Το πρόβλημα ήταν μια μέτρηση: η μέτρηση του χρόνου. Ο Γαλιλαίος είχε κάνει αξιόλογο έργο βασισμένος στις κλεψύδρες και στο σφυγμό του. Όμως οι κλεψύδρες δεν ήταν όργανα ακριβείας. Και οι παλμοί της

ανθρώπινης καρδιάς καθόλου δε βοηθούσαν στο να μετρήσει κανείς το χρόνο που έχει περάσει. Τα μηχανικά ρολόγια κάποιας μορφής χρησιμοποιούνταν από τον δέκατο τέταρτο αιώνα και μετά. Όμως στην ουσία μετρούσαν ώρες και όχι λεπτά, και φυσικά όχι δευτερόλεπτα. Και ακόμα κι όταν μετρούσαν αυτά που μπορούσαν, συχνά έχαναν την ακρίβειά τους και σε διάστημα μιας μέρας η απώλεια ήταν μισή ώρα. Αυτός που βρήκε τη λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα και έδωσε στην επιστήμη ένα από τα πιο απαραίτητα εργαλεία της ήταν ο Ολλανδός φυσικός και αστρονόμος με το όνομα Κρίστιαν Χόιχενς.

Ο Χόιχενς, ο οποίος ήταν δεκατέσσερα χρόνια μεγαλύτερος από τον Νεύτωνα, γεννήθηκε το 1629 στη Χάγη. Ήταν γιος ενός ανώτερου αξιωματούχου της ολλανδικής κυβέρνησης και αρχικώς προοριζόταν να γίνει διπλωμάτης. Σπούδασε επί δύο χρόνια μαθηματικά και δίκαιο στο πανεπιστήμιο του Λέιντεν και στη συνέχεια άλλα δύο χρόνια δίκαιο στο πανεπιστήμιο της Μπρέντα. Όμως ο μεγαλύτερος έρωτάς του ήταν πάντα τα μαθηματικά. Σε ηλικία 20 ετών εγκατέλειψε τις διπλωματικές φιλοδοξίες του και, με τις ευλογίες και την οικονομική υποστήριξη του πατέρα του, αποφάσισε να αφιερωθεί στην επιστήμη. Για τα επόμενα δεκαεπτά χρόνια ασχολήθηκε αθόρυβα με τις έρευνές του μέσα στη γαλήνη και την ασφάλεια του οικογενειακού σπιτιού τους. Σε ηλικία 26 ετών ανακάλυψε έναν τρόπο κατασκευής φακών που παράγαν εικόνες πολύ ανώτερης ποιότητας από κάθε άλλη προηγούμενη. Ενσωμάτωσε τους φακούς του σε ένα τηλεσκόπιο που σχεδίασε ο ίδιος, με το οποίο έκανε μια σειρά από ανακαλύψεις – μεταξύ αυτών και το Μεγάλο Νεφέλωμα του Ωρίωνα, τους κύκλους που περιβάλλουν τον πλανήτη Κρόνο

και ένα δορυφόρο του ίδιου πλανήτη, τον οποίο ονόμασε Τιτάνα.

Το μεγαλύτερο επίτευγμα του Χόιχενς ήταν η εφεύρεση του ρολογιού που λειτουργεί με εκκρεμές. Δεν ήταν ο πρώτος που σκέφτηκε να χρησιμοποιήσει ένα εκκρεμές για να ρυθμίζει την κίνηση του ρολογιού: ο Γαλιλαίος είχε εντοπίσει την κανονικότητα που παρουσίαζε η κίνηση του εκκρεμούς και, προτού πεθάνει, είχε σχεδιάσει έναν πιθανό μηχανισμό ρολογιού που κινούνταν με τη βοήθεια ενός εκκρεμούς. Κι άλλοι επιστήμονες είχαν επιχειρήσει να ακολουθήσουν την ανακάλυψη του Γαλιλαίου, αλλά χωρίς επιτυχία. Ο Χόιχενς ήταν εκείνος που έκανε την κρίσιμη τομή, όταν συνειδητοποίησε ότι για να είναι ακριβές ένα εκκρεμές, το τόξο μέσω του οποίου κινούνταν δεν έπρεπε να είναι τόξο ενός κύκλου, αλλά μιας καμπύλης με ελαφρώς διαφορετικό σχήμα: ένα «κυκλοειδές τόξο». Τοποθετώντας στο υπομόχλιο του εκκρεμούς εξαρτήματα που είχε σχεδιάσει ο ίδιος, το έκανε να κινείται πάνω στο απαιτούμενο τόξο, ενώ με τη χρήση τροχίσκων και άλλων εξαρτημάτων ακριβείας κατάφερε να μεταδώσει στο μηχανισμό των ρολογιών του την ακρίβεια και τη συνέπεια των εκκρεμών του, που χρησιμοποιούσαν ως κινητήρια δύναμη το βάρος. Λεπτομέρειες για το μηχανισμό δημοσίευσε στο βιβλίο του *Ωρολόγιο* το 1658, αλλά το σπουδαίο έργο του ήταν ένα δοκίμιο με τίτλο *Οι ταλαντώσεις του εκκρεμούς*, το οποίο εξέδωσε το 1673. Το βιβλίο αυτό, το οποίο πραγματευόταν λεπτομερώς τα μαθηματικά του εκκρεμούς, ολοκληρωνόταν με ένα σύνολο θεωρημάτων σχετικά με τη φυγόκεντρο δύναμη σε κυκλική κίνηση που βοήθησε τον Νεύτωνα να διατυπώσει τη θεωρία του για την παγκόσμια έλξη.

Ο ΧΟΪΧΕΝΣ ΚΑΙ Ο ΝΕΥΤΩΝΑΣ Ο Χοΐχενς ήταν ίσως ο σημαντικότερος από τους πολλούς άριστους επιστήμονες των οποίων το έργο επισκιάστηκε από εκείνο του Νεύτωνα. Στάθηκε ιδιαίτερα άτυχος στην υπόθεση της συμπεριφοράς του φωτός, όπου η αδυναμία του να επιτύχει ακρόαση των ιδεών του έδειξε πόσο μάταιο ήταν να έχει δίκιο σε λάθος χρονική στιγμή.

Η θεωρία του Χοΐχενς σχετικά με τη φύση του φωτός στηρίχτηκε στις ανακαλύψεις που ο ίδιος έκανε ενώ κατασκεύαζε τηλεσκόπια. Στο έργο του με τίτλο *Πραγματεία περί του φωτός*, το οποίο έγραψε το 1678 αλλά εξέδωσε το 1690, εξέφρασε την άποψη ότι το φως γινόταν καλύτερα αντιληπτό ως μια σειρά από κύματα. Κι αυτή η θεωρία των κυμάτων του έδινε τη δυνατότητα να αποδείξει τους θεμελιώδεις νόμους της οπτικής. Επίσης του έδωσε τη δυνατότητα να εξηγήσει τη διάθλαση του φωτός και να προβλέψει ότι το φως κινείται πιο αργά διαμέσου των πυκνών υλικών, μια πρόβλεψη που θα επιβεβαιωνόταν έναν αιώνα μετά. Όμως μέχρι την εποχή που εκδόθηκε το έργο *Οπτική* του Νεύτωνα το 1704, η φήμη του Νεύτωνα ήταν τόσο τεράστια, ώστε κάθε αντίθετη άποψη προς τη δική του δεν είχε καμία πιθανότητα να εισακουστεί. Και η θεωρία των σωματιδίων φωτός αποτέλεσε μέρος της κρατούσας άποψης για έναν αιώνα ακόμα. Στις αρχές του δέκατου ένατου αιώνα τα εργαστηριακά πειράματα αποκάλυψαν τις ελλείψεις της θεωρίας των σωματιδίων του Νεύτωνα και οι επιστήμονες συνειδητοποίησαν τη δύναμη της εναλλακτικής ερμηνείας του Χοΐχενς για να εξηγήσει τα φαινόμενα που δεν μπορούσε να χειριστεί η θεωρία του Νεύτωνα.

Σήμερα ξέρουμε ότι το φως μερικές φορές γίνεται καλύτερα αντιληπτό ως ροή σωματιδίων, όπως υποστήριξε ο

Νεύτωνα. Ωστόσο, πιθανότατα σε περισσότερες περιπτώσεις γίνεται καλύτερα αντιληπτό με τον τρόπο που θα μας πρότεινε ο Χοΐχενς: ως μια σειρά κυμάτων που απομακρύνονται από κάποια πηγή. Όποιος επιθυμεί πραγματικά να κατανοήσει το φως πρέπει να είναι έτοιμος να στραφεί από τη μία άποψη σε κάποια άλλη, ανάλογα με τις ανάγκες.

Ο ΛΕΒΕΝΧΟΥΚ ΚΑΙ ΟΙ ΦΑΚΟΙ ΤΟΥ Ο τίτλος του πρώτου ειδικού στα μικροσκόπια αρμόζει στον Ιταλό φυσιολόγο Μαρτσέλο Μαλπίγκι, ο οποίος, ανακαλύπτοντας τα τριχοειδή αγγεία το 1661, απέδειξε την εγκυρότητα της θεωρίας του Χάρβεϊ περί της κυκλοφορίας του αίματος (βλέπε σελίδα 95). Ωστόσο ένας Ολλανδός, ο Άντον βαν Λέβενχουκ, ήταν εκείνος που έδειξε στον δέκατο έβδομο αιώνα τι μπορούσε να κάνει το μικροσκόπιο.

Ο Λέβενχουκ γεννήθηκε το 1632, τρία μόλις χρόνια μετά τον Χοΐχενς, στην κωμόπολη Ντελφτ, όπου πέρασε ολόκληρη τη ζωή του. Ήταν ιδιοκτήτης ενός υφασματοπωλείου και λόγω της δουλειάς του ήρθε σε επαφή με τους μεγεθυντικούς φακούς – καθώς οι υφασματοπώλες χρησιμοποιούσαν φακούς για να ελέγχουν τα υφάσματα. Επίσης ήταν αρχιθαλαμηπόλος στο δημαρχείο της πόλης του και οι δύο αυτές πηγές εισοδήματος του επέτρεπαν να ασχολείται και με το χόμπι του, την κατασκευή φακών, ένα χόμπι το οποίο του έγινε εμμονή που κράτησε σε ολόκληρη τη ζωή του. Μέχρι το θάνατό του είχε κατασκευάσει 419 φακούς.

Ο Λέβενχουκ ήταν παρατηρητής και όχι θεωρητικός, αλλά ως παρατηρητής ήταν απaráμιλλος. Άνοιξε τα μάτια των συγχρόνων του σε πολλές πτυχές της ζωής. Ήταν ο πρώτος που περιέγραψε τα διάφορα είδη πλαγκτού που

υπάρχουν μέσα στο νερό. Ανακάλυψε την ομάδα των μονοκύτταρων οργανισμών που ανήκουν στην κατηγορία με την ονομασία Εγγυματικά (*Infusoria*). Επίσης ανακάλυψε και περιέγραψε τα βακτηρίδια: μορφές ζωής τόσο μικρές, που θα περνούσαν άλλα εκατό χρόνια μέχρι να μπορέσει κάποιος να προσθέσει κάτι σε όσα είπε εκείνος.

Κατασκεύασε το πρώτο μικροσκόπιό του στη δεκαετία του 1660. Τα όργανά του ήταν απλά μικροσκόπια που είχαν ένα μόνο φακό. Στην ουσία ήταν πανίσχυροι μεγεθυντικοί φακοί που περιείχαν ένα μικροσκοπικό και πολύ κυρτό φακό στο κέντρο μιας μεταλλικής πλάκας. Τα κρατούσες με το ένα χέρι και κούραζαν αρκετά τα μάτια. Όμως οι φακοί του ήταν τόσο καθαροί και τόσο περίτεχνα κατασκευασμένοι, ώστε η ευκρίνειά τους ξεπερνούσε κατά πολύ τα σύνθετα μικροσκόπια που χρησιμοποιούσαν οι σύγχρονοί του. Επίσης παρήγαγαν εικόνες χωρίς παραμορφωτικά χρώματα, πράγμα που ήταν σύνηθες χαρακτηριστικό των άλλων. Εντούτοις, δεν ήταν πλήρως ενημερωμένος για το έργο των συγχρόνων του, δεδομένου ότι δε γνώριζε λατινικά ούτε ήξερε να διαβάζει καμία άλλη γλώσσα εκτός από τη μητρική του, τα ολλανδικά.

Παρά την ταπεινή του καταγωγή ο Λέβενχουκ κατόρθωσε να γίνει δι' αλληλογραφίας μέλος της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου και μέσω αυτής της μονόπλευρης αλληλογραφίας –έγραψε 400 σχεδόν επιστολές, όλες στα ολλανδικά– έγινε γνωστό το έργο του στον έξω κόσμο. Στην τελευταία από αυτές τις επιστολές κληροδότησε στη Βασιλική Εταιρεία 26 από τα καλύτερα όργανά του ώστε να μπορούν τα μέλη της να εξερευνήσουν και οι ίδιοι αυτό τον νέο κόσμο.

Το 1677 ο Λέβενχουκ έγινε ο πρώτος άνθρωπος που

περιέγραψε τα σπερματοζώαρια. Ήταν ένα από τα πιο σημαντικά γεγονότα στην ιστορία της βιολογίας, αλλά πέτυχε ελάχιστα, βραχυχρονίως, στην προαγωγή της κατανόησης της σύλληψης. Είχε γίνει εδώ και χιλιάδες χρόνια αντιληπτό ότι η σύλληψη του ανθρώπου –όπως και όλων των πλασμάτων που διαθέτουν φύλο– ήταν συνέπεια της σεξουαλικής επαφής. Παρ' όλα αυτά, οι διαδικαστικές λεπτομέρειες της σύλληψης παρέμεναν εξίσου μεγάλο μυστήριο κατά τον δέκατο έβδομο αιώνα μετά Χριστόν όσο και κατά τον δέκατο έβδομο αιώνα προ Χριστού. Παρόλο που ο Λέβενχουκ ήταν σε θέση να περιγράψει αναλυτικά τα σπερματοζώαρια, ο ίδιος και οι σύγχρονοί του συνέχισαν να πιστεύουν ότι η λειτουργία του θηλυκού ήταν απλώς να φιλοξενήσει και να θρέψει τον μικροσκοπικό σπόρο που παρείχε το αρσενικό. Μόλις το 1827 ο Γερμανορώσος εμβρυολόγος φον Μπάερ ανακάλυψε το ωάριο μέσα στην ωοθήκη των θηλαστικών και ξεκίνησε να ξετυλίγει το κουβάρι του μυστηρίου γύρω από τη σύλληψη των ανθρώπων όντων.

Ο Λέβενχουκ έγινε τόσο διάσημος, που βασιλείς διέκοπταν τα ταξίδια τους για να σταματήσουν στο κατάστημά του και να ρίξουν μια ματιά μέσα από τους φακούς του. Ένας από αυτούς τους φακούς διασώζεται μέχρι σήμερα. Ο συγκεκριμένος φακός μπορούσε να μεγεθύνει τα αντικείμενα 270 φορές, πράγμα που σου έδινε τη δυνατότητα να παρατηρήσεις λεπτομέρειες της τάξης του ενός χιλιοστού του χιλιοστού. Έχοντας αυτά τα θαυμάσια όργανα στη διάθεσή του ο Λέβενχουκ απέδειξε την ύπαρξη ενός κόσμου μικροσκοπικής ζωής που μέχρι τότε ήταν αδιανόητος. Και έθεσε τα θεμέλια πολλών σημαντικών τομέων από τους οποίους θα προέκυπτε αργότερα η επιστήμη της βιολογίας. Τις έρευ-

νές του τις ξεκίνησε μετά τα 40 του χρόνια· όμως έζησε άλλα πενήντα χρόνια, αφοσιωμένος στη μελέτη των μικροσκοπικών οργανισμών μέχρι τα τελευταία του.

Ο ΝΕΥΤΩΝΑΣ ΚΑΙ Η ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ Στην ιστορία της επιστήμης ο δέκατος έβδομος αιώνας θεωρείται ο αιώνας του Νεύτωνα. Είναι σαν τον Ήλιο που σβήνει κάθε άλλο αστέρι που υπάρχει στον ουρανό. Εντούτοις, ανάμεσα στους συγχρόνους του υπήρχαν και πολλοί άλλοι λαμπροί επιστήμονες οι οποίοι, αν δεν είχαν να ανταγωνιστούν εκείνον, θα έλαμπαν πολύ έντονα. Και υπήρχαν επιστημονικοί τομείς –βιολογία, χημεία και επιστήμες της Γης– στις οποίες ο Νεύτωνας δεν είχε καμία συμβολή.

Δε θα επισκιάσει τα επιτεύγματά του αν πούμε ότι δε θα παρήγαγε συγκριτικά τέτοιο όγκο δουλειάς αν ασχολιόταν με τους τομείς αυτούς – ή αν ασχολιόταν με τη φυσική και την αστρονομία εκατό χρόνια νωρίτερα ή αργότερα. Πράγματι ο Νεύτωνας ήταν σε θέση να βλέπει τόσο μακριά επειδή, όπως ισχυρίστηκε και ο ίδιος, «πατούσε στους ώμους γιγάντων». Ήταν σε θέση να επιτύχει τη σύνθεση που πέτυχε επειδή στην αστρονομία και τη φυσική υπήρχαν τόσο πολλές προγενέστερες ανακαλύψεις, συσσωρευμένες σε τέτοιο βαθμό, ώστε το μόνο που απέμενε ήταν κάποιος να κάνει τη σύνθεση.

Στα μέσα του δέκατου έβδομου αιώνα υπήρχαν κι άλλες επιστήμες που βρίσκονταν σε εμβρυϊκό στάδιο. Τη βιολογία την είχε ανακαλύψει ο Αριστοτέλης, αλλά τα χρόνια που μεσολάβησαν είχαν προσθέσει ελάχιστα στην κατανόηση των διαδικασιών της ζωής από την ανθρωπότητα. Η χημεία και οι επιστήμες της Γης –γεωλογία, ωκεανολογία και μετεωρολογία– ήταν ακόμα σφραγισμένα βιβλία.

Η ΑΛΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ Η ΧΗΜΕΙΑ Το γεγονός ότι ο νεαρός Νεύτωνας δε σημείωσε καμία πρόοδο στον τομέα της χημείας δε σημαίνει ότι δεν ήθελε να πειραματιστεί. Οφείλεται απλώς στο γεγονός ότι και αυτός, όπως και οι περισσότεροι ερευνητές της εποχής του, έψαχνε στα τυφλά. Ο Νεύτωνας δε σπούδασε χημεία όπως την καταλαβαίνουμε σήμερα. Σπούδασε αλχημεία, δηλαδή μια πανάρχαια τέχνη με την οποία κάποιος καταπιανόταν ελπίζοντας να επιτύχει έλεγχο επί των στοιχείων της Γης, μετασχηματίζοντας «τιποτένια» στοιχεία σε «ευγενή». Το όνειρό της ήταν να βρεθεί η «φιλοσοφική λίθος» που θα μπορούσε να μετατρέψει τα κοινά μέταλλα σε χρυσό. Την εποχή που ήταν φοιτητής ο Νεύτωνας κατασκεύασε ένα εργαστήριο στο δωμάτιό του, όπου εκτελούσε πειράματα με στόχο τη μετάλλαξη. Αργότερα έγινε ένας από τους ευκολόπιστους τυχολώκτες που εξέφρασαν έντονο ενδιαφέρον για τη «μυστική συνταγή» μιας λονδρέζικης εταιρείας που είχε ως στόχο τον πολλαπλασιασμό του χρυσού.

Το κακό με την αλχημεία ήταν ότι το σημείο αναφοράς της δεν ήταν η κατανόηση της δομής της ύλης ή του τρόπου με τον οποίο σχετιζόνταν μεταξύ τους οι διάφορες ουσίες. Στα εκατοντάδες χρόνια που εφαρμοζόταν η αλχημεία, αναμφίβολα δεν πρόσθεσε απολύτως τίποτα στην καλύτερη κατανόηση των στοιχείων που συναντά κάποιος στη φύση, ενώ το μέγεθος της προσπάθειας που είχε καταβληθεί σε αυτήν ήταν υπερβολικό σε σχέση με τη γνώση που απέφερε. Η αλχημεία ήταν ένα αδιέξοδο. Χρειάστηκε ένας σύγχρονος του Νεύτωνα –ένα άλλο μέλος της λέσχης κυρίων που ονομαζόταν Βασιλική Εταιρεία– για να τη βγάλει από το αδιέξοδο και να δείξει το δρόμο προς τη σύγχρονη χημεία.

ΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΠΟΪΛ Ο Ρόμπερτ Μπόιλ ήταν ένας αριστοκράτης που γεννήθηκε στο Γουότερφορντ της Ιρλανδίας το 1627. Ήταν το δέκατο τέταρτο παιδί και ο έβδομος γιος του πλούσιου πρώτου –και Άγγλου– κόμη του Κορκ. Το 1641 ο 14χρονος Ρόμπερτ βρισκόταν στη Φλωρεντία μαζί με το δάσκαλό του όταν πληροφορήθηκε το θάνατο του Γαλιλαίου. Αυτό τον ώθησε να μελετήσει τα έργα του Γαλιλαίου. Και το αποτέλεσμα ήταν να δείξει ζωνρό ενδιαφέρον για την επιστήμη. Όταν επέστρεψε το 1644 στην Αγγλία, εγκαταστάθηκε στο Ντόρσετ, αλλά τον περισσότερο καιρό έμενε στο σπίτι της αδελφής του στο Λονδίνο, όπου γνωρίστηκε με την ομάδα επιστημόνων που αργότερα αποτέλεσαν τον πυρήνα της Βασιλικής Εταιρείας. Το 1654 μετακόμισε στην Οξφόρδη και εκεί, μέσα στα επόμενα δεκατέσσερα χρόνια, διεξήγαγε πολλά πειράματα που του χάρισαν τη φήμη.

Πολλοί Βρετανοί ιστορικοί χαρακτηρίζουν τον Μπόιλ «πατέρα της χημείας», αλλά αυτό είναι μια υπερβολική διόγκωση της εθνικής υπερηφάνειας. (Με δεδομένη την ομαδική δουλειά που απαιτείται για κάθε επιστημονική ανακάλυψη, είναι αμφίβολο αν πρέπει κάποιος να αποκληθεί «πατέρας» για οτιδήποτε. Όμως αν ο τίτλος του «πατέρα της χημείας» ανήκει σε κάποιον, σίγουρα πρόκειται για τον Γάλλο Λαβουαζιέ, ο οποίος έζησε έναν αιώνα αργότερα.) Ο Μπόιλ δε «γέννησε» τη σύγχρονη χημεία· αυτό όμως που κατάφερε ήταν να απαλλάξει τη χημεία από κάποια πράγματα που βάραιναν τους ώμους της στο παρελθόν και να ανοίξει το δρόμο σε όσους ακολούθησαν θέτοντας την κρίσιμη σημασία αρχή ότι τα χημικά γεγονότα πρέπει να διαπιστώνονται με πειραματισμό και όχι με εικασίες από κάποιους που κάθονται στην πολυθρόνα τους.

Τα πειράματα του Μπόιλ, τα οποία πραγματοποίησε με τη βοήθεια έμμισθων βοηθών, ήταν πολλά και ποικίλα. Χρησιμοποιώντας την πρόσφατα εφευρεθείσα αντλία αέρα, έγινε το πρώτο άτομο που απέδειξε τον ισχυρισμό του Γαλιλαίου ότι, στο κενό, ένα φτερό κι ένας βόλος μολύβδου θα έπεφταν με την ίδια ταχύτητα. Επίσης υποστήριξε ότι ο ήχος δε μεταδίδεται μέσα από το κενό. Η πιο σημαντική ανακάλυψή του με την αντλία του αέρα ήταν η αρχή –που ακόμα και σήμερα είναι γνωστή ως *νόμος του Μπόιλ* στις αγγλόφωνες χώρες– ότι ο όγκος που καταλαμβάνεται από ένα αέριο είναι αντιστρόφως ανάλογος της πίεσης στην οποία υποβάλλεται. Αυτό σημαίνει ότι, αν η πίεση διπλασιαστεί, ο όγκος μειώνεται κατά το μισό και ούτω καθεξής. Επίσης, αν απομακρυνθεί η πίεση, ο αέρας «ξαναπαίρνει» τον αρχικό του όγκο. Ο Μπόιλ, αφού απέδειξε ότι ο αέρας μπορεί να συμπιεστεί, πείστηκε ότι απαρτιζόταν από μικρά σωματίδια που χωρίζονταν από κενό χώρο. Όλες αυτές οι ιδέες δημοσιεύτηκαν σε ένα βιβλίο με τον βαρύγδουπο τίτλο *Νέα πειράματα φυσιο-μηχανικής, που σχετίζονται με την ελαστικότητα του αέρα και τα αποτελέσματά της*. Ήταν ένα βιβλίο που έπαιξε σημαντικό ρόλο στην εδραίωση της άποψης για τη σύσταση της ύλης από άτομα.

Το πιο σημαντικό έργο του Μπόιλ, *Ο σκεπτικιστής χημικός*, κυκλοφόρησε το 1661· ένα χρόνο μετά, ο Μπόιλ έγινε ένα από τα ιδρυτικά μέλη της Βασιλικής Εταιρείας. Σε αυτό το έργο εισήγαγε την ιδέα ότι όλες οι ουσίες μπορούν να χωριστούν σε οξέα, αλκάλια ή ουδέτερα, με βάση τη χρήση αυτού που ονομάζουμε *δείκτες*.

ΤΑ ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ Η πιο σημαντική ενδεχομένως συμ-

βολή του Μπόιλ στην ανάπτυξη αυτού που θα εξελισσόταν στην επιστήμη της χημείας ήταν η ιδέα του για το χημικό στοιχείο. Η λέξη αυτή καθαυτήν δεν ήταν καινούργια. Οι Έλληνες, ακολουθώντας το φιλόσοφο Εμπεδοκλή, με τη λέξη αυτή περιέγραφαν εκείνα που χαρακτηρίζαν ως τις τέσσερις θεμελιώδεις ουσίες του σύμπαντος: τη γη, τον αέρα, τη φωτιά και το νερό. Αυτές δεν ήταν από καμία σύγχρονη άποψη επιστημονικές έννοιες. Εντάσσονταν πιο πολύ στη φύση των μυστικών ουσιών που εμπεριέχονταν σε κάθε ζωντανή και μη ζωντανή ύλη. Και αποτέλεσαν τη βάση της ανθρώπινης σκέψης σχετικά με τις φυσικές διαδικασίες επί δύο χιλιάδες χρόνια.

Η ιδέα του Μπόιλ για το χημικό στοιχείο ήταν διαφορετική. Γι' αυτόν, στοιχείο ήταν μια ουσία η οποία δεν μπορεί να διασπαστεί σε άλλες ουσίες. Ένα στοιχείο θα μπορούσε να συνδυαστεί με ένα άλλο για να σχηματίσει μια ένωση. Και μια ένωση θα μπορούσε να χωριστεί στα στοιχεία που τη συνιστούν. Όμως το μέσο για να αποφασιστεί τι αποτελούσε ή όχι στοιχείο ήταν το πείραμα και όχι απλώς η σκέψη. Αυτή ήταν μια αρκετά σύγχρονη άποψη. Και βοήθησε να δημιουργηθεί η θεωρητική βάση στην οποία θα πατούσαν οι μετέπειτα χημικοί. Όμως ο ίδιος ο Μπόιλ δεν ήταν σε θέση να αποτινάξει από πάνω του την επιρροή της αλχημείας, που αριθμούσε αιώνες ζωής. Συνέχισε να πιστεύει στο ενδεχόμενο να μετατρέψει τα κοινά μέταλλα σε χρυσό. Και δεν απέρριπτε τα αρχαία στοιχεία, αλλά απλώς τα ήθελε να υποβληθούν στην πειραματική έρευνα.

ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΟΝΤΑΣ ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ Καθώς οι επιστήμονες σταδιακά υιοθετούσαν αυτό τον νέο τρόπο σκέψης, τα αρχαία «στοιχεία» σιγά σιγά εγκαταλείπονταν και ο όρος άρχισε

να χρησιμοποιείται με τον τρόπο που χρησιμοποιείται σήμερα. Όμως ο κατάλογος των ουσιών στις οποίες θα μπορούσε να εφαρμοστεί ήταν μικρός. Μόλις 14 στοιχεία, με τη σύγχρονη έννοια του όρου, αναγνωρίζονταν στα τέλη του δέκατου έβδομου αιώνα. Εννέα από αυτά ήταν μέταλλα που ήταν γνωστά από την αρχαιότητα: χρυσός, άργυρος, χαλκός, μόλυβδος, ψευδάργυρος, κασσίτερος, σίδηρος, υδράργυρος και αντιμόνιο. Δύο ήταν μη μεταλλικά στοιχεία (αμέταλλα), που και αυτά ήταν γνωστά στην αρχαιότητα: ο άνθρακας και το θείο. Δύο ακόμα ήταν μέταλλα που ανακαλύφθηκαν κατά τον δέκατο έκτο αιώνα: το βισμούθιο –στην Ευρώπη– και η πλατίνα – στη Νότια Αμερική. Σε αυτά τα 13 προστέθηκε ένα ακόμα μη μεταλλικό στοιχείο –ο φωσφόρος– που ανακαλύφθηκε στα ούρα του Μπόιλ το 1680.

Παρόλο που είναι αληθές ότι αυτά τα 14 στοιχεία που αναγνωρίζουμε σήμερα εντοπίστηκαν πριν από το τέλος του δέκατου έβδομου αιώνα, δεν είναι αληθές ότι αναγνωρίστηκαν ως στοιχεία με τη σημερινή έννοια του όρου. Όταν οι σύγχρονοι χημικοί μιλούν για στοιχεία, χρησιμοποιούν τον όρο με την έννοια των βασικών συστατικών από τα οποία είναι κατασκευασμένα τα υλικά αυτού του κόσμου. Γι' αυτούς ο αέρας είναι ένα μείγμα δύο στοιχείων –του οξυγόνου και του αζώτου– με μικρές ποσότητες από μερικά άλλα αέρια. Ένα από αυτά, το διοξείδιο του άνθρακα, είναι γι' αυτούς μια ένωση δύο στοιχείων, του άνθρακα και του οξυγόνου. Αυτή η άποψη της χημείας ως μιας συλλογής συνταγών που χρησιμοποιούν ένα μικρό αριθμό βασικών συστατικών ήταν τελείως άγνωστη στους φυσικούς φιλοσόφους του δέκατου έβδομου αιώνα. Παρόλο που αναγνώριζαν το χαλκό, το χρυσό και το θείο ως «στοιχεία», και ο αέρας ήταν γι' αυτούς

ένα στοιχείο. Και συνέχιζαν να μην είναι σίγουροι για το αν η φωτιά ήταν ή δεν ήταν στοιχείο. Σε αντίθεση με τους αστρονόμους, οι οποίοι επαναπαύονταν στη μηχανική του Νεύτωνα, οι χημικοί του 1700 συνέχιζαν να ψάχνουν στα τυφλά και να αναζητούν ένα φως για να φωτίσει το δρόμο τους. Έπρεπε να περάσουν άλλα εκατό χρόνια μέχρι να βρουν τον δικό τους Νεύτωνα, και να μπορέσει η χημεία να καταλάβει τη θέση που της άξιζε ανάμεσα στις φυσικές επιστήμες.

Η ΑΟΡΑΤΗ ΧΗΜΕΙΑ Ο λόγος για τον οποίο η χημεία άργησε τόσο πολύ να κάνει την επανάστασή της ήταν το θέμα που πραγματευόταν. Οι αποδείξεις που χρειαζόνταν οι αστρονόμοι βρίσκονταν μπροστά στα μάτια τους. Ακόμα και χωρίς τη βοήθεια του τηλεσκοπίου ο Τίχο Μπράχε είχε κατορθώσει να καταρτίσει τα αρχεία των πλανητικών κινήσεων που έδωσαν τη δυνατότητα στον Κέπλερ να συναγάγει τους νόμους του για τις κινήσεις των πλανητών. Με τη βοήθεια του τηλεσκοπίου, ο Γαλιλαίος κατάφερε να παρατηρήσει τις κινήσεις των δορυφόρων του Δία. Όταν χρησιμοποίησε το κεκλιμένο επίπεδο για να ανακαλύψει τους νόμους που περιέγραφαν την πτώση των σωμάτων, μπόρεσε και πάλι να χρησιμοποιήσει τα αποδεικτικά στοιχεία που έβλεπε μπροστά του για να καταλήξει σε μια δεδομένη αλήθεια. Όταν ο Νεύτωνα συνδύασε τους νόμους του Γαλιλαίου και του Κέπλερ για να διατυπώσει το νόμο του περί παγκόσμιας έλξης, εφάρμοσε τη δύναμη του δικού του νου στις αποδείξεις των δικών του ματιών.

Οι χημικοί δεν ήταν τόσο τυχεροί. Τα δεδομένα που αφορούσαν τη χημεία ήταν αόρατα. Ακόμα και το μικροσκόπιο, που άνοιξε νέους κόσμους στους βιολόγους, ήταν ελάχιστα

χρήσιμο στους χημικούς. Μπορεί να αποκάλυψε άγνωστες μέχρι τότε δομές και παράξενες νέες μορφές ζωής, αλλά δεν έδωσε κανένα στοιχείο για τη φύση των υλικών από τα οποία ήταν κατασκευασμένα. Ήταν απόλυτα λογικό, αν κάποιος στηριζόταν σε όσα έβλεπε, να θεωρεί το νερό κάτι λίγο-πολύ σαν το χρυσό ή το θείο. Δεν υπήρχε τρόπος να γνωρίζει παρατηρώντας το νερό ότι ήταν συνδυασμός δύο αερίων. Ή, παρατηρώντας τον αέρα, δεν μπορούσε να γνωρίζει ότι ήταν ένα μείγμα ενός εκ των δύο αυτών αερίων και ενός τρίτου. Ποτέ δε θα περνούσε από το μυαλό του ότι το αέριο που υπήρχε και στον αέρα και στο νερό έκρυβε μέσα του το μυστικό της φωτιάς. Έπρεπε να κυλήσει ένας αιώνας συνεχών πειραμάτων της μορφής που υποστήριζε ο Μπόιλ ώστε να γίνουν οι συλλογισμοί που θα μετέβαλλαν τη χημεία από μέσο ανακάλυψης μαγικών δυνάμεων σε μια αξιοσέβαστη επιστήμη. Και υπόψη ότι το μεγαλύτερο διάστημα αυτής της περιόδου είχε αφιερωθεί σε ένα άσκοπο κυνήγι: την αναζήτηση ενός «στοιχείου» –το λεγόμενο «φλογιστόν»– το οποίο δεν υπήρχε.

Ο ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΤΩΝ ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΩΝ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ Αυτοί που δεν έχουν μελετήσει τη διαδικασία της επιστημονικής ανακάλυψης συχνά υποθέτουν ότι επιστημονική μέθοδος σημαίνει συγκέντρωση στοιχείων και στη συνέχεια διατύπωση μιας υπόθεσης που εξηγεί τα γεγονότα. Αν αυτή μπορεί να εξηγήσει και άλλα γεγονότα και να υποστηρίξει προβλέψεις, προάγεται σε θεωρία, η οποία μπορεί στη συνέχεια να ενσωματωθεί σε ένα φυσικό νόμο. Αυτός θα γίνει δεκτός ως έγκυρος μέχρι να ανασκευαστεί ή να τροποποιηθεί, ως αποτέλεσμα μεταγενέστερων ανακαλύψεων. Στην πραγ-

ματικότητα, όταν οι σπουδαίοι επιστήμονες ψάχνουν δεδομένα ή όταν κάνουν πειράματα, συνήθως αναζητούν αποδείξεις που θα στηρίξουν ή θα ανατρέψουν μια υπόθεση η οποία έχει ήδη σχηματιστεί μερικώς στο μυαλό τους. Αν δε διατύπωναν μια υπόθεση, δε θα ήξεραν πού να κοιτάξουν ή τι να ψάξουν.

Ένα καλό παράδειγμα της πραγματικής διαδικασίας της επιστημονικής ανακάλυψης είναι ο τρόπος με τον οποίο ο Κάρολος Δαρβίνος κατέληξε στη θεωρία του για την εξέλιξη μέσω της φυσικής επιλογής. Ο Δαρβίνος δεν πέρασε είκοσι χρόνια συγκεντρώνοντας γεγονότα για τον φυσικό κόσμο και στη συνέχεια άρχισε να ψάχνει μια υπόθεση για να τα εξηγήσει. Οι ομοιότητες ανάμεσα στα πτηνά που ζούσαν στα διάφορα νησιά Γκαλαπάγκος και οι ομοιότητες ανάμεσα σε παλαιότερες και σύγχρονες μορφές ζωής στη Νότια Αμερική του έδειξαν ότι είχαν προκύψει ως αποτέλεσμα μιας εξελικτικής διαδικασίας. Στη συνέχεια αφιέρωσε είκοσι χρόνια για τη συγκέντρωση αποδεικτικών στοιχείων που θα υποστήριζαν την αρχική του υπόθεση.

Η μέθοδος αυτή αποτέλεσε την πηγή μερικών από τις πλέον σημαντικές ανακαλύψεις στην ιστορία της επιστήμης. Δυστυχώς, αν μια υπόθεση είναι λανθασμένη και ταυτόχρονα έχει ευρεία υποστήριξη, μπορεί να οδηγήσει σε πολλές κακώς διοχετευμένες προσπάθειες, οι οποίες μάλλον παρακλύουν παρά προαγάγουν την επιστήμη. Αυτό συνέβη στη χημεία κατά τον δέκατο όγδοο αιώνα.

ΤΟ ΦΛΟΓΙΣΤΟΝ: ΤΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΠΟΥ ΔΕΝ ΥΠΗΡΞΕ ΠΟΤΕ

Ένας κεντρικός προβληματισμός της χημείας κατά τον δέκατο όγδοο αιώνα ήταν η διαδικασία της ανάφλεξης. Όταν

κάποιες ουσίες θερμαίνονταν σε σημείο που να πυρακτωθούν, οι επιστήμονες έβλεπαν ότι αναδιδόταν κάτι: ατμοί ή καπνός. Κι αυτό ερμηνευόταν ως απώλεια μέρους της αρχικής ουσίας. Σε αυτό το «κάτι» που υποτίθεται ότι αναδιδόταν κατά τη διαδικασία της ανάφλεξης δόθηκε το όνομα *φλογιστόν*, όρος τον οποίο καθιέρωσε το 1697 ο Γερμανός χημικός Ερνστ Σταλ. Η συζήτηση για το φλογιστόν συνεχίστηκε. Κατά τη γνώμη μερικών το φλογιστόν ήταν κι αυτό ένα στοιχείο. Κατ' άλλους υπήρχε περισσότερο στη σύσταση μιας δραστικής ουσίας, την οποία περιείχαν τα αναφλέξιμα υλικά, που δεν μπορούσε να εκδηλωθεί χωρίς την ανάφλεξη.

Η έννοια του φλογιστού έγινε αφορμή να προκύψουν μερικές ανωμαλίες. Αν το φλογιστόν ήταν ένα συστατικό των αναφλέξιμων υλικών, αυτό που απέμενε έπρεπε να ζυγίζει λιγότερο από τις ουσίες πριν από την καύση. Αυτό συνέβαινε στην περίπτωση ουσιών όπως το ξύλο. Όμως μερικά μέταλλα, όταν θερμαίνονταν, ανέδιδαν μια θαμπή ουσία που ονομάζεται *καλκ* (calx). Σε αυτές τις περιπτώσεις το κατάλοιπο ζύγιζε περισσότερο από το αρχικό μέταλλο. Αυτή την ανωμαλία δεν την έλαβαν υπόψη τους πολλοί υποστηρικτές της θεωρίας του φλογιστού. Άλλοι τη δικαιολόγησαν λέγοντας ότι το φλογιστόν είχε *αρνητικό* βάρος και έκανε το κατάλοιπο να ζυγίζει περισσότερο μετά την εκπομπή του φλογιστού.

Βλέποντας τώρα τα πράγματα από μια χρονική απόσταση, τώρα που οι περισσότεροι μορφωμένοι άνθρωποι καταλαβαίνουμε το ρόλο που παίζει το οξυγόνο στην καύση και κάθε σπουδαστής της χημείας γνωρίζει ότι η καύση είναι μια διαδικασία χημικής μεταβολής η οποία οδηγεί σε μερική απώλεια ή αύξηση της μάζας, είναι εύκολο να νιώθουμε ανώτεροι σε σχέση με αυτούς που αναζητούσαν τότε την αλή-

θεια. Πάντως ήταν άνθρωποι ικανοί και η μεθοδολογία που ακολουθούσαν στους συλλογισμούς τους φαίνεται ότι είχε νόημα, αν λάβει κανείς υπόψη του τις περιορισμένες γνώσεις που διέθεταν.

ΒΕΝΙΑΜΙΝ ΦΡΑΓΚΛΙΝΟΣ, Ο ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΑΣ Ο Μπέντζαμιν Φράνκλιν –Βενιαμίν Φραγκλίνος εξελληνισμένο–, που φέρει τον τιμητικό τίτλο του ιδρυτή του αμερικανικού έθνους, θεωρείται και ο πρώτος επιστήμονας της Αμερικής. Γεννήθηκε το 1706 στη Βοστώνη. Ο πατέρας του ήταν κηροπλάστης από το Μπάνμπερι της Αγγλίας ο οποίος μετανάστευσε για να αποφύγει τις θρησκευτικές διώξεις. Ο Βενιαμίν, που ήταν το δέκατο πέμπτο από τα δεκαεπτά παιδιά της οικογένειάς του, φοίτησε δύο μόνο χρόνια σε επίσημο σχολείο. Σε ηλικία 10 ετών ο πατέρας του τον πήρε μαζί του στην επιχείρησή του, αλλά όταν διαπίστωσε ότι δεν του άρεσε αυτή η δουλειά, και επειδή φοβόταν μήπως γίνει ναυτικός, τον έβαλε να εργαστεί κοντά σε ένα μεγαλύτερο γιο του που ήταν τυπογράφος. Αυτό έδωσε στον Βενιαμίν τη δυνατότητα να έρθει σε επαφή με τα βιβλία. Με τη βοήθεια αυτών των βιβλίων κατάφερε να μορφωθεί.

Σε ηλικία 18 ετών αποφάσισε να ταξιδέψει από τη Φιλαδέλφεια στο Λονδίνο προσδοκώντας να σπουδάσει, αλλά η προσδοκία του αυτή δεν πραγματοποιήθηκε. Βρήκε, όμως, δουλειά ως τυπογράφος. Ενώ ήταν ακόμα έφηβος, τα βιβλία που τύπωνε και τα δικά του κείμενα τον έφεραν σε επαφή με μερικούς από τους πιο καλλιεργημένους ανθρώπους της εποχής. Σε ηλικία 20 ετών επέστρεψε στη Φιλαδέλφεια για να εργαστεί σε ένα κατάστημα που ανήκε σε κάποιο φίλο του. Λίγο καιρό αργότερα ασχολήθηκε πάλι με την

τυπογραφία και το 1730, σε ηλικία 24 ετών, παντρεύτηκε με εθιμικό γάμο μια πρώην φίλη του, την Ντέμπορα, η οποία είχε παντρευτεί ενώ εκείνος βρισκόταν στο Λονδίνο, αλλά την είχε εγκαταλείψει ο σύζυγός της. Ο γάμος αυτός κράτησε σαράντα τέσσερα ολόκληρα χρόνια, μέχρι το θάνατό της.

Η ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΑΣΤΡΑΠΗΣ Στο μεταξύ ο Φραγκλίνος είχε αποκτήσει έντονο ενδιαφέρον για την επιστήμη. Για ολόκληρη την υπόλοιπη ζωή του, ενώ ασχολιόταν με τη συγγραφή, τις εκδόσεις, την πολιτική και τη διπλωματία, φρόντιζε να είναι άριστα ενημερωμένος για τις πιο πρόσφατες εξελίξεις μέσω επαφής με άλλους επιστήμονες και μέσω των πειραμάτων του. Το 1743 ίδρυσε την πρώτη επιστημονική λέσχη της Αμερικής, την Αμερικανική Φιλοσοφική Εταιρεία (American Philosophic Society). Επίσης βρήκε το χρόνο να κάνει μερικές αξιοσημείωτες εφευρέσεις, μεταξύ των οποίων το αλεξικέραυνο, τα διπλοεστιακά γυαλιά και η θερμάστρα του Φραγκλίνου.

Ο Φραγκλίνος εκδήλωσε ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό, που εκείνη την εποχή ήταν έννοιες ελάχιστα γνωστές. Το 1745 ένας Ολλανδός φυσικός, ο Πιέτερ βαν Μούσενμπρουκ, ο οποίος ζούσε στην πόλη Λέιντεν, εφύρε μια συσκευή αποθήκευσης ηλεκτρισμού που έγινε γνωστή με την ονομασία «λουγδουνική λάγηνος» («δοχείο του Λέιντεν»). Η επαφή του Φραγκλίνου με αυτή τη συσκευή τον ενέπνευσε να κάνει το πιο διάσημο πείραμά του. Η λουγδουνική λάγηνος, όταν την αγγίξεις, βγάζει έναν ηλεκτρικό σπινθήρα και προκαλεί ένα ηλεκτρικό σοκ. Υποπτευόμενος ότι ο κεραυνός ήταν μια μορφή ηλεκτρισμού παρόμοια με το σπινθήρα από τη λουγδουνική

λάγηνο, ο Φραγκλίνος αποφάσισε να δοκιμάσει να αιχμαλωτίσει τον ηλεκτρισμό ενός κεραυνού μέσα σε ένα από τα δοχεία του. Μια μέρα του 1752 έδεσε σε ένα χαρταετό ένα σύρμα, από το οποίο κρεμόταν μια μεταξωτή κλωστή με δεμένο ένα κλειδί στην άκρη της. Πέταξε το χαρταετό του προς ένα μαύρο σύννεφο και όταν πλησίασε το χέρι του κοντά στο κλειδί ανάμεσά τους σχηματίστηκε σπινθήρας. Στη συνέχεια κατόρθωσε να φορτίσει το δοχείο του από έναν κεραυνό μέσω του κλειδιού, όπως θα το είχε φορτίσει με τη βοήθεια μιας μηχανής που δημιουργούσε σπινθήρες. Ήταν μια συγκλονιστική απόδειξη ότι ο κεραυνός και ο απλός σπινθήρας από το δοχείο του ήταν το ίδιο φαινόμενο. Όταν μίλησε για το πείραμά του, προκάλεσε αίσθηση και εξασφάλισε την ιδιότητα του μέλους στη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου. Όμως εκείνος είχε σταθεί τυχερός. Οι επόμενοι δύο που δοκίμασαν το πείραμα έχασαν τη ζωή τους.

Στην πολυετή καριέρα του έκανε πολλές ανακαλύψεις, συμβάλλοντας σημαντικά στην ανάπτυξη της μελέτης του ηλεκτρισμού. Το 1785, σε ηλικία 79 ετών, επέστρεψε από την Ευρώπη στη Φιλαδέλφεια, όπου εξελέγη πρόεδρος της Πενσυλβάνια. Πέθανε το 1790 με ένα βιογραφικό πλούσιο σε επιστημονικά βραβεία και πτυχία από πανεπιστήμια της Ευρώπης και της Αμερικής. Είκοσι χιλιάδες άτομα παρακολούθησαν την κηδεία του στη Φιλαδέλφεια. Ο Βενιαμίν Φραγκλίνος είχε αξιοποιήσει άριστα τις διετείες επίσημες σπουδές του.

Ο ΑΝΤΟΥΑΝ ΛΑΒΟΥΑΖΙΕ Από την εποχή που ο Ρόμπερτ Μπόιλ δημοσίευσε το έργο του *Ο σκεπτικιστής χημικός* πέρασε ένας ακόμα αιώνας μέχρι να αποκτήσει η χημεία τη γλώσσα και τις έννοιες που θα την καθιστούσαν μian αξιο-

σέβαστη επιστήμη. Σε αυτή τη μεταμόρφωση βοήθησε το έργο πολλών ικανών επιστημόνων, αλλά ένας ξεχωρίζει σαφώς σε σχέση με τους άλλους. Τον λένε Αντουάν Λαβουαζιέ και δεν είναι υπερβολή να τον αποκαλέσουμε, όπως και πολύς κόσμος, «Νεύτωνα της χημείας».

Ο Λαβουαζιέ γεννήθηκε στο Παρίσι στις 26 Αυγούστου 1743. Ο πατέρας του ήταν ένας ευκατάστατος δικηγόρος. Κι ο ίδιος προοριζόταν να ακολουθήσει τη δικηγορία και πραγματικά απέκτησε τα απαιτούμενα προσόντα αλλά, όταν άκουσε κάποιες διαλέξεις του αστρονόμου Λα Κάιγ, ενθουσιάστηκε με την επιστήμη. Αρχικά ενδιαφέρθηκε για τη γεωλογία και πράγματι σημείωσε αξιόλογο έργο σε αυτό τον τομέα. Σύντομα όμως στράφηκε προς τη χημεία, η οποία έγινε το πάθος για ολόκληρη τη ζωή του. Το 1766, σε ηλικία μόλις 23 ετών, τιμήθηκε με το χρυσό μετάλλιο της γαλλικής Ακαδημίας Επιστημών για ένα δοκίμιό του με θέμα τα μέσα φωτισμού μιας μεγάλης κωμόπολης.

Σε αντίθεση με μερικούς άλλους επιστήμονες της εποχής του –τον Κάβεντις, για παράδειγμα– ο Λαβουαζιέ ήταν ένα άτομο αισιόδοξο και γεμάτο ζωή. Έκανε πολύ έντονη κοινωνική ζωή και τελικά αυτό που τον οδήγησε στην παρακμή ήταν η ανάμειξή του στις δημόσιες υποθέσεις. Το 1768, σε ηλικία 25 ετών, επένδυσε ένα μεγάλο χρηματικό ποσό στη Ferme Générale, μια ιδιωτικοποιημένη φοροεισπρακτική επιχείρηση που είχε ιδρύσει η γαλλική κυβέρνηση. Τρία χρόνια αργότερα παντρεύτηκε τη 14χρονη κόρη ενός υψηλόβαθμου στελέχους της Ferme. Ήταν ένας γάμος σκοπιμότητας, αλλά για πολλά χρόνια υπήρξε ευτυχισμένος και παραγωγικός. Η σύζυγός του, Άννα-Μαρία, ήταν εξίσου ευφυής όσο και όμορφη, και τα πρώτα χρόνια του γάμου τους

εργάζονταν μαζί στο εργαστήριό τους. Με την πάροδο του χρόνου και καθώς ο σύζυγός της άρχισε να αφιερώνει όλο και πιο πολύ χρόνο σε επαγγελματικά ταξίδια, η Άννα-Μαρία βρήκε την παρηγοριά στην αγκαλιά ενός φίλου του. Παρ' όλα αυτά οι σχέσεις τους διατηρήθηκαν κόσμιες.

Πρόθεση του Λαβουαζιέ όταν επένδυσε τα χρήματά του στη Ferme ήταν να εξασφαλίσει ένα σημαντικό εισόδημα που θα τον στήριζε στις επιστημονικές έρευνές του. Σε αυτό τον τομέα τα κατάφερε. Το εισόδημα, το οποίο προερχόταν κυρίως από τη φορολόγηση των φτωχών, ήταν τεράστιο και του έδωσε τη δυνατότητα να κατασκευάσει και να λειτουργεί ένα καλό ιδιωτικό εργαστήριο –πιθανότατα το καλύτερο στον κόσμο– το οποίο έγινε ένας χώρος συνάντησης για τους κορυφαίους επιστήμονες της Γαλλίας, αλλά και μέρος που επισκέπτονταν διασημότητες όπως ο Βενιαμίν Φραγκλίνος και ο Τόμας Τζέφερσον. Με αυτό τον τρόπο ο Λαβουαζιέ ήταν σε θέση να ενημερώνεται για τις υποθέσεις και τις ανακαλύψεις των κορυφαίων επιστημόνων της εποχής. Με το που άκουγε μια καινούργια ιδέα ή ένα ενδιαφέρον πείραμα, άρχιζε μαζί με την Άννα-Μαρία τις δικές του έρευνες. Ωστόσο, δεν έσπευδε πάντα με τον ίδιο ζήλο να αναγνωρίσει τη δουλειά των άλλων ή τη συμβολή τους στις ανακαλύψεις του, πράγμα που τον οδήγησε σε αρκετές έντονες διαμάχες με συναδέλφους επιστήμονες, οι οποίοι πίστευαν ότι δεν είχε αναγνωριστεί δεόντως το δικό τους έργο.

Ο ΤΖΟΖΕΦ ΠΡΙΣΤΛΙ Ένας από αυτούς που ο Λαβουαζιέ εξόργισε με την υπεροπτική στάση του ήταν ο Άγγλος χημικός και ριζοσπάστης πολιτικός Τζόζεφ Πρίστλι. Ο Πρίστλι, ο οποίος ήταν δέκα χρόνια μεγαλύτερος του Λαβουαζιέ, είχε

ένα πολύ διαφορετικό υπόβαθρο. Γεννήθηκε στο Μπέρσταλ, κοντά στο Λιντς, το 1733. Ήταν γιος ενός συνίτη ιερέα και ήταν κι ο ίδιος ιερέας. Το θρήσκευμά του δεν του επέτρεπε να λάβει πανεπιστημιακή μόρφωση. Μετά την αποφοίτησή του από το σχολείο άρχισε να μελετάει μόνος του και έμαθε αρκετές γλώσσες, μεταξύ των οποίων την εβραϊκή και την αραβική. Το 1766, σε ηλικία 33 ετών, συνάντησε τον Βενιαμίν Φραγκλίνο, ο οποίος βρισκόταν στην Αγγλία ως εκπρόσωπος των αμερικανικών αποικιών, και αυτή η φιλία τον έστρεψε προς μια επιστημονική καριέρα. Μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα εξέδωσε μια ιστορία της έρευνας γύρω από τον ηλεκτρισμό και στη συνέχεια ένα έργο για την ιστορία της οπτικής.

Ένα χρόνο μετά τη συνάντησή του με τον Φραγκλίνο, ο Πρίστλι διορίστηκε ιερέας σε μια εκκλησία του Λιντς. Η εκκλησία βρισκόταν πολύ κοντά σε ένα ζυθοποιείο και ο Πρίστλι ενθουσιάστηκε από τη διαδικασία της παρασκευής της μπίρας. Η ζύμωση των σπόρων αναδίδει ένα αέριο το οποίο γνωρίζουμε ότι είναι διοξείδιο του άνθρακα. Ο Πρίστλι μελέτησε το αέριο αυτό και παρατήρησε ότι ήταν βαρύτερο από τον αέρα και ικανό να σβήνει μια φλόγα. Το διέλυσε σε νερό και διαπίστωσε ότι έδινε στο νερό μια ευχάριστη γεύση. Με αυτό τον τρόπο ανακάλυψε τη σόδα. Γι' αυτή την ανακάλυψή του τιμήθηκε με το Μετάλλιο Κόπλεϊ της Βασιλικής Εταιρείας.

Ο Πρίστλι έδειξε ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα αέρια και στη συνέχεια ανακάλυψε κι άλλα. Όταν ξεκίνησε τις έρευνές του τρία μόνο αέρια ήταν γνωστά: ο αέρας, το διοξείδιο του άνθρακα και το υδρογόνο – που πρόσφατα είχε ανακαλύψει ο Κάβεντις και του είχε δώσει όνομα ο Λαβουαζιέ. Ο

Πρίστλι κατόρθωσε να απομονώσει κι άλλα αέρια, μεταξύ των οποίων την αμμωνία, το οξείδιο του νίτρου και το υδροχλώριο. Το 1772 χάρη σε αυτές τις ανακαλύψεις του έγινε μέλος της γαλλικής Ακαδημίας Επιστημών και εξασφάλισε τον ευνοϊκό διορισμό του ως συνοδός και βιβλιοθηκάριος ενός Άγγλου αριστοκράτη, του λόρδου Σέλμπορν. Δύο χρόνια μετά έκανε την πιο σημαντική του ανακάλυψη. Χρησιμοποίησε ένα φακό για να θερμάνει την κόκκινη ουσία που είναι γνωστή ως καλκ υδραργύρου (οξείδιο του υδραργύρου) μέσα σε ένα σωλήνα. Ο μεταλλικός υδράργυρος εναποτέθηκε στα τοιχώματα και ένα αέριο που είχε μερικές αξιοσημείωτες ιδιότητες παρήχθη στο άνω μέρος του δοκιμαστικού σωλήνα. Όταν πλησίασε ένα αναμμένο κερι σε αυτό το αέριο, το κερι άρχισε να καίει με πιο λαμπρή φλόγα, ενώ όταν το εισέπνευσε ένας ποντικός απέκτησε ιδιαίτερη ζωντάνια.

Δυστυχώς ο Πρίστλι ήταν πιστός οπαδός της ιδέας του φλογιστού και δεν ήταν σε θέση να εκτιμήσει δεόντως τη σπουδαιότητα της ανακάλυψής του. Αυτοί που πίστευαν στην ύπαρξη του φλογιστού –της ουσίας της θερμότητας– γνώριζαν ότι όταν τοποθετηθεί ένα αναμμένο κερι μέσα σε κλειστό δοχείο σύντομα σβήνει. Αυτό το ερμήνευαν ως απόδειξη ότι ο αέρας μέσα στο δοχείο είχε κορεσθεί με το φλογιστόν από το αναμμένο κερι μέχρι τη στιγμή που δεν μπορούσε να δεχθεί άλλο και έτσι σταματούσε η καύση. Εφαρμόζοντας αυτούς τους συλλογισμούς ο Πρίστλι συμπέρανε ότι αυτό το αέριο ήταν ο αέρας που περιείχε ελάχιστο ή καθόλου φλογιστόν και συνεπώς «διψούσε» για το φλογιστόν που διέθετε το κερι. Γι' αυτόν το λόγο ονόμασε αυτό το νέο αέριο «αέρα χωρίς φλογιστόν».

Τον Οκτώβριο του 1774 ο Πρίστλι συνέφαγε με τον Λα-

βουαζιέ στο Παρίσι και του μίλησε για την ανακάλυψή του. Αμέσως, ο Λαβουαζιέ έβαλε μπρος τα δικά του πειράματα. Έπειτα από ανταλλαγή αρκετών επιστολών με τον Πρίστλι, παρουσίασε μια εργασία στην Ακαδημία στην οποία ισχυριζόταν ότι ο παράγοντας-κλειδί στην καύση ήταν ο «αγνός αέρας» του Πρίστλι, χωρίς όμως να αναφέρει το όνομα του Πρίστλι. Όπως ήταν αναμενόμενο, ο Πρίστλι εξοργίστηκε. Ο Λαβουαζιέ είχε ήδη αποδείξει ότι όταν το θείο καίγεται, το βάρος του αυξάνεται αντί να μειώνεται. Στα αμέσως επόμενα χρόνια έκανε μια σειρά από πρωτοποριακές ανακαλύψεις, που όλες ήταν αποτέλεσμα της επιμονής του στη σημασία των ακριβών μετρήσεων. Το 1779 υπογράμμισε την πεποίθησή του ότι ο «αγνός αέρας» του Πρίστλι δεν είναι απλώς ένα αέριο, αλλά ένα στοιχείο, δίνοντάς του την ονομασία «οξυγόνο». Με τη βοήθεια του συναδέλφου του ακαδημαϊκού Πιερ Λαπλάς, διεξήγαγε μια σειρά από πειράματα σε ζώντα ζώα ως αποτέλεσμα μπόρεσε να δείξει ότι η αναπνοή είναι μια μορφή καύσης, όπου τα έμβια όντα παίρνουν οξυγόνο από τον αέρα, στην ουσία, για να αναλώσουν το «καύσιμο» που λαμβάνουν από την τροφή τους.

Το 1786 δημοσίευσε στο περιοδικό *Proceedings* της Ακαδημίας την απόρριψη της ιδέας του φλογιστού που είχε παραπλανήσει για τόσο καιρό τους χημικούς. Στα σημεία που τόνισε περιλαμβάνονταν και δύο τα οποία έστειλαν το μήνυμά του εκεί ακριβώς που έπρεπε:

1. Υπάρχει πραγματική καύση [...] μόνο στο βαθμό που το σώμα το οποίο θα καεί περιβάλλεται από οξυγόνο και έρχεται σε επαφή με αυτό. Η καύση δεν μπορεί να επιτευχθεί σε κανένα άλλο είδος αέρα ή στο κενό, και τα καιγόμενα

σώματα που βυθίζονται σε ένα από τα δύο σβήνουν τελείως σαν να βυθίστηκαν μέσα σε νερό.

2. Σε κάθε καύση παρατηρείται αύξηση του βάρους του καιγόμενου σώματος. Κι η αύξηση αυτή είναι ακριβώς ίση με το βάρος του αέρα που απορροφήθηκε.

Ακόμα κι ένας επιστήμονας τόσο σπουδαίος όσο ο Λαβουαζιέ δε θα μπορούσε κανείς να προσδοκά ότι θα εγκατέλειπε τελείως το σύστημα σκέψης με το οποίο είχε γαλουχηθεί, και μέχρι το τέλος της ζωής του υπήρχαν κάποια κατάλοιπα της παλιάς νοοτροπίας στα κείμενά του. Η θεωρία του περί οξέων περιείχε πολλά στοιχεία που έπρεπε αργότερα να μπουν σε μία σειρά, όπως και η θεωρία του περί θερμότητας. Όμως οι χημικοί μετά τον Λαβουαζιέ κληρονόμησαν μια επιστήμη που είχε μετασχηματιστεί σημαντικά από το έργο του.

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΛΑΒΟΥΑΖΙΕ Όσο σημαντικές κι αν ήταν οι ανακαλύψεις του Λαβουαζιέ, ήταν απλώς ένα μέρος μόνο της συμβολής του στην καθιέρωση της χημείας ως επιστήμης. Ανάλογη σημασία είχε το μάθημα που δίδαξε: ότι τα έγκυρα συμπεράσματα μπορεί να αντληθούν μόνο με προσεκτικά σχεδιασμένα πειράματα και ακριβείς μετρήσεις. Στο εργαστήριό του ο διαιτητής της επιστημονικής αλήθειας ήταν η χημική ισορροπία. Επίσης συνεισέφερε στη χημεία ένα σύνολο εννοιών που θα αποδεικνύονταν πολύ παραγωγικές στον επόμενο αιώνα. Αυτός μάλλον παρά ο Μπόιλ χάραξε μια διαχωριστική γραμμή ανάμεσα στο στοιχείο και την ένωση με τη σύγχρονη έννοια. Με αυτό τον τρόπο έδωσε στους χημικούς τη δυνατότητα να αρχίσουν

να συνδέουν αριθμούς με τις χημικές διαδικασίες. Χάρη σε αυτές τις έννοιες και στις μεθόδους ακριβούς ανάλυσης που χρησιμοποίησε πρώτος, ο δέκατος ένατος αιώνας έγινε ο «χρυσός αιώνας» της χημείας.

Τον αιώνα αυτό δεν έζησε ο Λαβουαζιέ για να τον δει. Το 1789, όταν ξέσπασε η Γαλλική Επανάσταση, οι απεχθείς φοροεισπράκτορες ήταν προφανείς στόχοι για την Τρομοκρατία που ακολούθησε. Ο Λαβουαζιέ είχε την πρόσθετη ατυχία να κάνει εχθρό του ένα φιλόδοξο επιστήμονα που κάποτε είχε αντιμετωπίσει με περιφρόνηση. Τον έλεγαν Ζαν-Πολ Μαρά και ήταν ένας από τους πιο σκληρούς πρωτεργάτες της Τρομοκρατίας. Όταν έφτασε η στιγμή να τακτοποιηθούν οι εκκρεμότητες, η επιστημονική προσωπικότητα του Λαβουαζιέ δεν κατάφερε να τον διασώσει. Το πρωί της 8ης Μαΐου 1794, σε ηλικία 53 ετών και στο ζενίθ της επιστημονικής καριέρας του, δικάστηκε και καταδικάστηκε σε θάνατο. Όταν ζήτησε αναβολή της εκτέλεσής του για δύο εβδομάδες προκειμένου να ολοκληρώσει κάποια επιστημονική εργασία του, ο δικαστής απάντησε: «Η Επανάσταση δε χρειάζεται τους επιστήμονες». Μερικές ώρες αργότερα, εκεί που σήμερα βρίσκεται η Πλας ντε λα Κονκόρντ, οδηγήθηκε στην γκιλοτίνα με ηρεμία και αξιοπρέπεια. Ένας από τους σύγχρονους του επιστήμονες, ο μαθηματικός και αστρονόμος Ζοζέφ-Λουί Λαγκράνζ, σχολίασε: «Μπορεί να χρειάστηκαν μια στιγμή μόνο για να κόψουν αυτό το κεφάλι, αλλά η Γαλλία ίσως να μη βγάλει άλλο τέτοιο μέσα σε έναν ολόκληρο αιώνα».

ΜΕΤΡΩΝΤΑΣ ΤΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ Μέχρι τα μέσα του δέκατου όγδοου αιώνα η ναυσιπλοΐα στηριζόταν στην

τύχη. Οι χάρτες που υπήρχαν ήταν αναξιόπιστοι. Επίσης ο καθορισμός της θέσης κάποιου σε σχέση με το χάρτη γινόταν πιο δύσκολος όσο περισσότερο καιρό βρισκόταν αυτός στη θάλασσα.

Θεωρητικά η θέση στη θάλασσα μπορεί να προσδιοριστεί με τη χάραξη συντεταγμένων, γραμμών δηλαδή οι οποίες θα τέμνονται στο σημείο παρατήρησης. Η μία από αυτές τις γραμμές ήταν σχετικά εύκολο να χαραχθεί: πρόκειται για τη γραμμή του γεωγραφικού πλάτους. Το γεωγραφικό πλάτος ενός πλοίου ή ενός βράχου είναι η απόστασή του σε μοίρες βόρεια ή νότια του Ισημερινού. Ο υπολογισμός του είναι εύκολο να γίνει σε μια ηλιόλουστη μέρα: με τον εξάντα μετριέται η γωνία ανάμεσα στον ήλιο και τον ορίζοντα το μεσημέρι, και έπειτα συγκρίνεται με την αντίστοιχη γωνία στον Ισημερινό τη δεδομένη ημέρα (από τυπωμένους πίνακες).

Δυστυχώς, το γεωγραφικό πλάτος από μόνο του δεν είναι πολύ χρήσιμο. Ο καπετάνιος ενός πλοίου στον Ατλαντικό που του έλεγαν ότι βρισκόταν 42 μοίρες βόρεια του Ισημερινού γνώριζε απλώς ότι βρισκόταν κάπου ανάμεσα στο ακρωτήριο Φινιστέρε και το ακρωτήριο Κοντ. Αυτό που χρειαζόταν ήταν και το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος. Γεωγραφικό μήκος είναι η απόσταση, που μετριέται σε μοίρες, ανατολικά ή δυτικά ενός σημείου αναφοράς στην επιφάνεια της Γης. Επειδή δεν υπήρχε κάποια επιστημονική μέθοδος για τον προσδιορισμό του γεωγραφικού μήκους, οι ναυτικοί έπρεπε να στηριχτούν σε εικασίες για το πόση απόσταση διένυσαν σε μια μέρα και προς ποια κατεύθυνση, και να σημειώσουν αυτή την απόσταση και την κατεύθυνση πάνω στο χάρτη. Την πρώτη μέρα μετά την αναχώρηση από το

λιμάνι η μέθοδος αυτή ήταν αρκετά αξιόπιστη για τον εντοπισμό της θέσης, αλλά είκοσι μέρες μετά την αναχώρηση και ενώ στο μεταξύ βρισκόσουν στον ανοιχτό ωκεανό, ο προσδιορισμός της θέσης ήταν μάλλον ανακριβής.

Το πρόβλημα του προσδιορισμού του γεωγραφικού μήκους είχε απασχολήσει μερικά από τα πιο λαμπρά μυαλά της Ευρώπης. Με το θέμα αυτό είχαν ασχοληθεί ο Γαλιλαίος, ο Χόιχενς και ο Νεύτωνας, αλλά δεν κατάφεραν να οδηγηθούν σε μια απάντηση. Το 1714 η βρετανική κυβέρνηση πρόσφερε ως έπαθλο 20.000 λίρες Αγγλίας –δηλαδή 1 εκατομμύριο λίρες ή περίπου 1,4 εκατομμύρια ευρώ με σημερινά δεδομένα– σε όποιον θα έβρισκε μια αποδεκτή λύση.

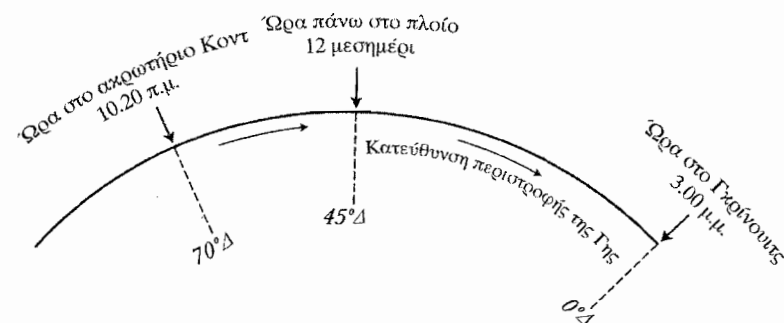
Ανάμεσα στα άτομα που ανταγωνίστηκαν για το έπαθλο ήταν ο Βρετανός βασιλικός αστρονόμος Νέβιλ Μάσκελαϊν, ο οποίος θεωρούσε ότι η λύση θα βρισκόταν σε αυτό που είχε ονομαστεί «μέθοδος της απόστασης από τη Σελήνη». Ωστόσο, αυτός που έλυσε το πρόβλημα δεν ήταν ούτε μαθηματικός ούτε αστρονόμος. Ήταν ένας ωρολογοποιός που τον έλεγαν Τζον Χάρισον.

Ο ΧΡΟΝΟΣ ΕΙΝΑΙ ΑΠΟΣΤΑΣΗ Ο λόγος για τον οποίο ένας ωρολογοποιός ήταν ικανός να κάνει τις θάλασσες ασφαλείς για τους ναυτικούς ήταν μια απλή σχέση ανάμεσα στο χρόνο και την απόσταση. Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της μία φορά κάθε 24 ώρες. Κάθε γραμμή του γεωγραφικού πλάτους είναι ένας κύκλος 360 μοιρών και το ίδιο ισχύει για την πορεία του Ήλιου στον ουρανό. Ο Ήλιος καλύπτει και τις 360 μοίρες του ουρανού μία φορά κάθε 24 ώρες. Αυτό σημαίνει ότι ταξιδεύει 15 μοίρες πιο δυτικά κάθε μία ώρα. Ο Ήλιος είναι κατευθείαν πάνω από τη Γη κατά το μεσημέρι, τοπική

ώρα. Έπειτα από παρέλευση μίας ώρας ο Ήλιος θα βρίσκεται κάθετα πάνω από έναν τόπο (έστω Β) 15 μοίρες δυτικά του τόπου (έστω Α) όπου βρισκόταν μία ώρα νωρίτερα. Αν, όταν είναι μεσημέρι στον τόπο Β, γνωρίζουμε ότι είναι μία μετά το μεσημέρι στον τόπο Α, τότε γνωρίζουμε ότι βρισκόμαστε 15 μοίρες δυτικά του τόπου Α.

Δεν ήταν δύσκολο να προσδιορίσεις πότε ο Ήλιος βρισκόταν στο μέγιστο ύψος του. Τότε ήταν, εξ ορισμού, μεσημέρι, τοπική ώρα. Το πρόβλημα ήταν να ξέρεις ακριβώς τι ώρα ήταν σε συγκεκριμένο σημείο αναφοράς, όπως στο Βασιλικό Αστεροσκοπείο του Γκρίνουιτς. Για να το γνωρίζει αυτό ένα πλοίο έπρεπε να είναι εξοπλισμένο με χρονόμετρα που έδειχναν μονίμως την ώρα Γκρίνουιτς και θα έδειχναν με ακρίβεια το χρόνο για μήνες ολόκληρους, κάτω από οποιοσδήποτε κλιματικές συνθήκες και ανεξάρτητα από την κατάσταση της θάλασσας. Αυτή ακριβώς την πρόκληση κλήθηκε να αντιμετωπίσει ο Χάρισον. Τελικά, το 1759, ύστερα από μισό σχεδόν αιώνα εμπνευσμένης ενασχόλησης, κατασκεύασε ένα χρονόμετρο που πληρούσε τις πιο πάνω αυστηρές προδιαγραφές.

Χάρη στα χρονόμετρα του Χάρισον, οι καπετάνιοι των πλοίων μπορούσαν να προσδιορίσουν επακριβώς τη θέση τους και οι ερευνητές να σχεδιάσουν ακριβείς χάρτες. Ο Μάσκελαϊν όμως φρόντισε να μην πάρει ο Χάρισον το έπαθλο, το οποίο τελικά δε δόθηκε ποτέ. Χρειαζόταν μια έφεση στο βασιλιά –και ένας νόμος του Κοινοβουλίου– για να δοθεί στον Χάρισον μια αμοιβή για τις υπηρεσίες που προσέφερε στη χώρα του και σε ολόκληρο τον κόσμο.



Εικόνα 11. Η σχέση ανάμεσα στο χρόνο και το γεωγραφικό μήκος
 Αν είναι 3.00 μ.μ. στο Γκρίνουιτς όταν είναι μεσημέρι πάνω στο πλοίο, το πλοίο πρέπει να βρίσκεται $3 \times 15 = 45$ μοίρες δυτικά του Γκρίνουιτς.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΤΗΣ ΓΗΣ (ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ)

Η σκευωρία του Μάσκελαϊν σε βάρος του Χάρισον είναι κάτι που δεν τον τιμά. Ωστόσο, με την ιδιότητά του ως βασιλικού αστρονόμου συμμετείχε σε μια επιστημονική επιχείρηση που βοηθάει να βελτιωθεί η εικόνα του.

Έναν αιώνα μετά τη δημοσίευση του έργου *Αρχές* του Νεύτωνα, υπήρχε ένα πείραμα μέσα στο βιβλίο το οποίο δεν είχε ακόμα πραγματοποιηθεί. Παρόλο που ο Νεύτωνα είχε αποδείξει την ύπαρξη της δύναμης της βαρύτητας, δεν είχε κατορθώσει να υπολογίσει την τιμή της. Οι υπολογισμοί που αφορούσαν τη βαρύτητα στηρίζονταν όλοι στη σχετική έλξη ανάμεσα σε αντικείμενα με διαφορετικές μάζες. Η τιμή που θα έδινε σε κάποιον τη δυνατότητα να υπολογίσει το απόλυτο μέγεθος της βαρύτητας σε κάθε δεδομένη κατάσταση –τη βαρυτική σταθερά– ήταν άγνωστη. Ο

Νεύτωνα υποστήριξε ότι αν ένα νήμα της στάθμης χρησιμοποιηθεί κοντά σε ένα βουνό, η βαρυτική έλξη του βουνού θα το τραβήξει ελαφρώς μακριά από την κατακόρυφο και η απόκλιση μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να είναι μετρήσιμη. Αν όντως συνέβαινε αυτό, το μέγεθος της απόκλισης θα έδινε σε κάποιον τη δυνατότητα να υπολογίσει τις σχετικές μάζες της Γης και του βουνού. Αν η μάζα του βουνού μπορούσε να υπολογιστεί με σχετική ακρίβεια, θα ήταν δυνατό να καταλήξουμε σε μια τιμή για τη μάζα της Γης και συνεπώς για τη βαρυτική σταθερά. Δεδομένου ότι ο όγκος της Γης ήταν γνωστός, αυτό θα βοηθούσε να υπολογιστεί και η μέση πυκνότητα της Γης.

Το πρόβλημα ήταν να βρεθεί ένα κατάλληλο βουνό. Για να εκτιμηθεί η μάζα του, θα έπρεπε να γίνουν εικασίες σχετικά με τη μέση πυκνότητα. Αν και ο όγκος υπολογιζόταν με υποθέσεις, τα τυχόν σφάλματα θα πολλαπλασιάζονταν σε βαθμό μη αποδεκτό. Γι' αυτό το βουνό έπρεπε να έχει κανονικό σχήμα, ώστε να είναι ο όγκος του εύλογα δεδομένος. Ύστερα από παρότρυνση του Μάσκελαϊν η Βασιλική Εταιρεία ξεκίνησε μια έρευνα για να εντοπίσει το κατάλληλο βουνό. Την αποστολή ανέλαβε ένας τοπογράφος φίλος του Μάσκελαϊν που τον έλεγαν Τσαρλς Μέισον –ο Μέισον της Γραμμής Μέισον-Ντίξον–, ο οποίος δήλωσε ότι βρήκε ένα βουνό με καλές αναλογίες στα υψίπεδα της Σκοτίας, το Σιχέλιον, το οποίο φαινόταν ιδανικό για το σκοπό αυτόν. Επόπτης στην έρευνα για το βουνό ανέλαβε ο Μάσκελαϊν ο οποίος το 1774 πέρασε τέσσερις μήνες στον καταυλισμό στους πρόποδες του. Τους υπολογισμούς ανέλαβε να εκτελέσει ένας νεαρός μαθηματικός, ο Τσαρλς Χάτον, που κατέληξε στο πρώτο στα παγκόσμια χρονικά υπολογισμένο

αποτέλεσμα σχετικά με τη μάζα της Γης: 5×10^{21} τόνοι (5.000.000.000.000.000.000.000 τόνοι).

Ο υπολογισμός της μάζας της Γης αυτός καθεαυτόν ήταν ένα συναρπαστικό γεγονός, αλλά η σπουδαιότητα του αποτελέσματος ήταν πολύ μεγαλύτερη. Επειδή η θεωρία του Νεύτωνα είχε ήδη υπολογίσει τις σχετικές μάζες της Γης, του Ήλιου, της Σελήνης και όλων των πλανητών, τώρα ήταν δυνατό να υπολογιστεί η *πραγματική* μάζα τους. Εκατόν εξήντα πέντε χρόνια μετά την εποχή που ο Γαλιλαίος έστρεψε για πρώτη φορά το τηλεσκόπιό του προς τον ουρανό, ολόκληρο το ηλιακό σύστημα είχε ζυγιστεί και μετρηθεί. Τελικά η αστρονομία είχε ενηλικιωθεί.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΤΗΣ ΓΗΣ (ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ) Δικαιολογημένα ο Μάσκελαϊν ήταν ευχαριστημένος από το αποτέλεσμα της εκστρατείας του για τον υπολογισμό της μάζας της Γης, αλλά κάποιοι άλλοι ήταν λιγότερο ευχαριστημένοι. Ο υπολογισμός στάθηκε δυνατός μόνο με βάση ορισμένες εικασίες. Το ομοιόμορφο σχήμα του βουνού και η προσεκτική μέτρηση των διαστάσεών του παρέιχαν κάποια διαβεβαίωση ότι η εκτίμηση του όγκου του μπορούσε να θεωρηθεί αξιόπιστη. Ωστόσο, για να καταλήξουν στον αριθμό-κλειδί για τον υπολογισμό –τη μάζα του βουνού– χρειαζόταν να εκτιμήσουν την πυκνότητά του. Αυτό έγινε με βάση διάφορες υποθέσεις σχετικά με τα πετρώματα που το απάρτιζαν. Αν οι υποθέσεις αυτές ήταν λανθασμένες, θα ήταν λανθασμένη και η απάντηση. Η εκτίμηση του Χάτον, που ήταν 5.000.000.000.000.000.000.000 τόνοι, ήταν μια χρήσιμη προσέγγιση. Όμως ο κόσμος άρχισε σύντομα να αναζητεί ένα τρόπο για να οδηγηθεί σε ένα πιο ακριβές

αριθμητικό αποτέλεσμα. Το 1798 ένας άλλος Άγγλος πέτυχε την ακριβή μέτρηση που επιθυμούσε ο κόσμος, και μάλιστα χωρίς να βγει από το σπίτι του.

Ο Χένρι Κάβεντις γεννήθηκε το 1731 στη Νίκαια της Γαλλίας όπου έμενε η μητέρα του για λόγους υγείας. Τελικά εκείνη πέθανε όταν ο γιος της ήταν μόλις δύο ετών. Ο Κάβεντις σπούδασε στην Αγγλία και έμεινε τέσσερα χρόνια στο πανεπιστήμιο του Κέμπριτζ, αλλά δεν επεδίωξε να πάρει πτυχίο γιατί ήταν τόσο ντροπαλός, που δεν τολμούσε να αντιμετωπίσει τους εξεταστές. Ήταν εγγονός δύο δουκών. Κληρονόμησε μια περιουσία από τη θεία του, και έτσι έγινε ένας από τους πλουσιότερους ανθρώπους της εποχής του. Επίσης ήταν και ένας από τους πλέον μοναχικούς. Ζούσε μόνος, απέφευγε τους επισκέπτες και παράγγελνε τα γεύματά του αφήνοντας ένα σημείωμα στην οικονόμο του. Ζούσε μια απλή ζωή και δεν τον ενδιέφεραν τα χρήματα. Ο τραπεζίτης του κάποτε του σχολίασε το γεγονός ότι είχε περίπου 5 εκατομμύρια λίρες Αγγλίας – με σημερινά δεδομένα δηλαδή κάπου 6,9 εκατομμύρια ευρώ – στην τράπεζά του και του πρότεινε να σκεφτεί να τα τοποθετήσει κάπου για να παίρνει τόκο. Ο Κάβεντις του αποκρίθηκε ότι αν τον ενοχλούσε άλλη φορά, θα έπαιρνε τα χρήματά του και θα τα πήγαινε αλλού.

Ο Κάβεντις κληρονόμησε το ενδιαφέρον του για την επιστήμη από τον πατέρα του. Και η επιστήμη ήταν το πάθος του επί εξήντα χρόνια. Δεν τον ενδιέφερε η φήμη, ενώ έκανε ελάχιστες δημοσιεύσεις, με αποτέλεσμα πολλές από τις ανακαλύψεις του να παραμείνουν άγνωστες μέχρι μετά το θάνατό του. Το όνομά του παραδίδεται μέχρι τις μέρες μας χάρη στο Εργαστήριο Κάβεντις του πανεπιστημίου του Κέμπριτζ και τον περίφημο «ζυγό του Κάβεντις» που κατα-

σκεύασε. Αυτός είχε ξεκινήσει ως επινόηση του φίλου του, Τζον Μίτσελ, κληρικού και πολύ καλού γεωλόγου. Ο Μίτσελ είχε σχεδιάσει μόνος του τη συσκευή, αλλά πέθανε προτού πραγματοποιήσει το πείραμα. Ο Κάβεντις πήρε τον εξοπλισμό του και τον συναρμολόγησε εκ νέου σε ένα από τα σπίτια που διέθετε στο Λονδίνο.

Η συσκευή ήταν απλή. Αποτελούνταν από δύο μεταλλικές σφαίρες διαμέτρου 30 εκατοστών που κρέμονταν από ένα μεταλλικό πλαίσιο. Επίσης περιελάμβανε και δύο μικρότερες σφαίρες διαμέτρου 5 εκατοστών, που κρέμονταν χωριστά κοντά τους και ήταν συνδεδεμένες μεταξύ τους με ένα λεπτό χάλκινο σύρμα. Αποτελούσε αυτό που είναι γνωστό ως ζυγαριά στρέψης. Είχε σχεδιαστεί για τη μέτρηση της περιστροφικής κίνησης που δημιουργείται στο σύρμα από τη βαρυτική έλξη των μεγαλύτερων σφαιρών πάνω στις μικρότερες, καθώς κινούνταν από τροχαλίες που ενεργούσαν στη δοκό από την οποία ήταν κρεμασμένες.

Για να μην επηρεαστούν τα εξαρτήματα το πείραμα έγινε με τηλεχειρισμό. Ο Κάβεντις χρησιμοποίησε ένα τηλεσκόπιο τοποθετημένο έξω από το δωμάτιο, για να διαβάσει την εξαιρετικής λεπτομέρειας κλίμακα – σε εκατοστά της ίντσας – που μετρούσε την κίνηση και φωτιζόταν από μια στενή ακτίνα φωτός η οποία προερχόταν από έξω από το δωμάτιο.

Η βαρύτητα είναι μια ασθενής δύναμη και οι μετρήσεις που σκόπευε να κάνει ο Κάβεντις ήταν τόσο λεπτομερείς, ώστε ήταν δύσκολο να τις πιστέψεις. Όμως ήταν αποφασισμένος να πετύχει. Τελικά, τόσο ο ίδιος όσο και η συσκευή του αντιμετώπισαν άξια την πρόκληση και ο Κάβεντις υπολόγισε την πυκνότητα της Γης: 5,48 φορές μεγαλύτερη από την πυκνότητα του νερού. Ο αριθμός αυτός ήταν κατά 20%

μεγαλύτερος από εκείνον στον οποίο είχαν καταλήξει στο πείραμα του Σιχέλιον και μέσα στο 1% της μέτρησης που είναι αποδεκτή σήμερα. Μετά το θάνατό του ανακαλύφθηκε ότι είχε κάνει κάποιο λάθος στους υπολογισμούς του· χωρίς αυτό, το αποτέλεσμά του θα απείχε 1,5% από τη σωστή τιμή. Δεδομένου όμως ότι η έλξη της μιας σφαίρας πάνω στην άλλη ήταν μόλις το 1 πενηντάκις εκατομμυριοστό εκείνης που ασκούσε πάνω τους η Γη, μπορούμε να τον συγχωρέσουμε για το λάθος του.

ΟΙ ΕΙΚΑΣΙΕΣ ΤΟΥ ΜΙΤΣΕΛ Ο Τζον Μίτσελ, ο οποίος σχεδίασε το πείραμα που σήμερα φέρει το όνομα του φίλου του, του Κάβεντις, ήταν ένας ιδιαίτερα προικισμένος νους. Προτού αναλάβει καθήκοντα ιερέα στην ενορία του Θόρνχιλ στο Γιόρκσιρ, ήταν καθηγητής γεωλογίας στο πανεπιστήμιο του Κέμπριτζ. Αφού μετακόμισε στο Γιόρκσιρ, διατήρησε το ενδιαφέρον του για την επιστήμη και οι μελέτες του επεκτάθηκαν και πέρα από τις επιστήμες της Γης, που ήταν η επίσημη ειδικότητά του. Η πιο εντυπωσιακή μελέτη του είχε διατυπωθεί σε μια εργασία που ο Κάβεντις διάβασε για λογαριασμό του σε μια συνεδρίαση της Βασιλικής Εταιρείας το 1783. Στην εργασία αυτή ο Μίτσελ μελετούσε τις συνέπειες της πεπερασμένης ταχύτητας του φωτός μέσα στο πλαίσιο της θεωρίας του Νεύτωνα για τη βαρύτητα.

Κάθε ουράνιο σώμα έχει μια ταχύτητα διαφυγής, δηλαδή την ταχύτητα που πρέπει να επιτευχθεί για να μπορεί ένα αντικείμενο να ξεφύγει από τη βαρυτική επιρροή αυτού του σώματος (βλέπε σελίδα 117). Για μια οποιαδήποτε δεδομένη απόσταση από το κέντρο της συγκεκριμένης βαρύτητας η ταχύτητα διαφυγής είναι ευθέως ανάλογη προς τη μάζα του

μητρικού σώματος. Αν το φως υπόκειται στη βαρυτική έλξη, θεωρητικά είναι δυνατό να υπάρχει ένα σώμα του οποίου η μάζα είναι τόσο μεγάλη, ώστε η ταχύτητα διαφυγής του να υπερβαίνει την ταχύτητα του φωτός. Ένα τέτοιο σώμα θα ήταν εξ ορισμού αόρατο, δεδομένου ότι το φως του δε θα μπορούσε να διαφύγει. Ο Μίτσελ όχι μόνο υποστήριξε το ενδεχόμενο να υπάρχει ένα τέτοιο σώμα, αλλά υπολόγισε και πόσο μεγάλο θα μπορούσε να είναι. Υποθέτοντας ότι το σώμα είχε μια πυκνότητα παρόμοια με εκείνη του Ήλιου, υπολόγισε ότι, αν η διάμετρός του ήταν πάνω από 500 φορές εκείνης του Ήλιου, η ταχύτητα διαφυγής του θα υπερέβαινε την ταχύτητα του φωτός και θα ήταν αόρατο. Στη σύγχρονη ορολογία, θα ήταν μια «μαύρη τρύπα».

Η εργασία του Μίτσελ συνέχιζε μελετώντας πώς, εφόσον δεν μπορούμε να δούμε ένα τέτοιο σώμα, μπορούμε να γνωρίζουμε αν υπάρχει. Η απάντηση που έδωσε στηριζόταν πάλι στη θεωρία του Νεύτωνα. Αν μια μαύρη τρύπα είχε έναν ορατό σύντροφο σε τροχιά γύρω της, θα ήταν πιθανό, από την κίνηση του συντρόφου, όχι μόνο να συμπεράνουμε την ύπαρξη της μαύρης τρύπας, αλλά και να υπολογίσουμε τη μάζα της. Είναι εντυπωσιακό πώς διακόσια χρόνια προτού γίνει ευρύτερα αποδεκτό το φαινόμενο των μαύρων τρυπών ένας ιερέας από το Γιόρκσιρ μιλούσε για την ύπαρξή τους και μάλιστα πρότεινε και μεθόδους για τον υπολογισμό του βάρους τους.

Το 1755 η Λισαβόνα μετατράπηκε σε ερείπια εξαιτίας ενός από τους καταστροφικότερους σεισμούς της σύγχρονης Ιστορίας. Ο Μίτσελ υποστήριξε ότι ο σεισμός προερχόταν από υποθαλάσσιο χώρο και διατύπωσε την άποψη ότι το επίκεντρο αυτών των σεισμών θα μπορούσε να εντοπι-

στεί σημειώνοντας το χρόνο κατά τον οποίο έγιναν αισθητές οι δονήσεις σε διάφορους τόπους. Αυτή έγινε η πάγια πρακτική στον εικοστό αιώνα και ο Μίτσελ σήμερα θεωρείται ο πατέρας της σεισμολογίας.

ΠΟΣΟ ΜΑΚΡΙΑ ΒΡΙΣΚΟΝΤΑΙ ΤΑ ΑΣΤΕΡΙΑ; Το 1784 ο Μίτσελ διατύπωσε μια άποψη υπέρ της πρότασης σύμφωνα με την οποία τα αστέρια βρίσκονταν έτη φωτός μακριά από τη Γη. Έπρεπε να περάσουν άλλα πενήντα τέσσερα χρόνια μέχρι ο Γερμανός αστρονόμος Φρίντριχ Βίλχελμ Μπέσελ να αποδείξει την αλήθεια των ισχυρισμών του Μίτσελ πετυχαίνοντας την πρώτη στα χρονικά μέτρηση της απόστασης της Γης από ένα αστέρι.

Ο ΛΙΝΝΑΙΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ Μερικές από τις πιο σημαντικές προόδους στην επιστήμη έχουν προέλθει ως αποτέλεσμα της διάταξης δεδομένων με μια διαφορετική σειρά. Η διάταξη που άνοιξε το δρόμο για δύο αιώνων προόδους στη βιολογία ήταν το έργο ενός Σουηδού γιατρού, του Καρλ φον Λινέ, ο οποίος είναι γνωστός στον κόσμο της επιστήμης με το λατινικό όνομα Κάρολος Λινέους – εξελληνισμένο Λινναίος.

Ο Λινναίος γεννήθηκε στο Ράσουλτ, στη νότια Σουηδία, το 1707. Από τα παιδικά του χρόνια είχε εκδηλώσει αγάπη για τον φυτικό κόσμο, κάτι που συνέβαινε και με τον πατέρα του, τον πάστορα του χωριού. Σπούδασε ιατρική στην Ουψάλα, αλλά προτού γίνει 25 ετών είχε αρχίσει να διδάσκει εκεί βοτανική. Το 1732 ηγήθηκε μιας πανεπιστημιακής εκστρατείας στη Λαπωνία, στη διάρκεια της οποίας συγκέντρωσε δείγματα από άγνωστα μέχρι τότε είδη χλωρίδας.

Το 1735, ύστερα από ταξίδια του στην Αγγλία και σε άλλα μέρη της δυτικής Ευρώπης, εξέδωσε το βιβλίο που του χάρισε την αθανασία. Είχε ως τίτλο *Το σύστημα της φύσης* και πρότεινε έναν τρόπο ταξινόμησης των φυτών και των ζώων που ήταν αρκετά διαφορετικός από οτιδήποτε είχε προηγηθεί. Πολλοί άλλοι φυσιοδίφες, από τον Αριστοτέλη και μετά, είχαν επιχειρήσει να ταξινομήσουν τις μορφές ζωής. Όμως όλα τα προηγούμενα συστήματα είχαν βασιστεί, σε μεγάλο ή μικρότερο βαθμό, σε επιφανειακά χαρακτηριστικά όπως «πλάσματα που κολυμπούν». Ο Λινναίος στήριξε την ταξινόμησή του στα θεμελιώδη κοινά χαρακτηριστικά. Έτσι, για παράδειγμα, τα ποντίκια και τις φάλαινες τα ταξινόμησε μαζί ως θηλαστικά και τα ανθοφόρα φυτά ταξινόμηθηκαν χωριστά από τα μη ανθοφόρα φυτά. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του συστήματός του ήταν η έννοια της «υποκατηγορίας», σύμφωνα με την οποία μεγάλες ομάδες υποδιαιρούνταν σε πιο στενά οριζόμενες κατηγορίες. Έτσι τα σπονδυλωτά ζώα υποδιαιρούνταν σε θηλαστικά, ερπετά, πουλιά κτλ., και τα θηλαστικά υποδιαιρούνταν περαιτέρω σε σαρκοβόρα, εντομοφάγα και ούτω καθεξής.

Το σύστημα του Λινναίου κάλυπτε ολόκληρο τον έμβιο κόσμο, αλλά είχε τις ρίζες του στη μελέτη του γύρω από τα φυτά και μέσω αυτής της μελέτης των φυτών απέκτησε την εμμονή με το σεξ η οποία χαρακτηρίζει όλο το έργο του. Μερικά αποσπάσματα από τις περιγραφές του σχετικά με τα φυσικά μέρη των φυτών και τις μεθόδους αναπαραγωγής θυμίζουν μάλλον εκμυστήρευση κάποιου ατόμου που κάνει στριπτίζ παρά επιστημονικό δοκίμιο. Όμως αυτή ήταν μια εμμονή πίσω από την οποία υπήρχαν ουσιαστικοί επιστημονικοί λόγοι: αυτό του έδινε τη δυνατότητα να μετα-

μορφώσει τη μελέτη της βοτανικής και ουσιαστικά να εφεύρει τη σύγχρονη επιστήμη της βιολογίας.

Εκτός από τη διαδοχική διαίρεση σε ομάδες και υποομάδες το άλλο βασικό χαρακτηριστικό της μεθόδου του Λινναίου ήταν η υιοθέτηση εκ μέρους του ενός *διωνυμικού συστήματος* με το οποίο κάθε είδος προσδιοριζόταν με βάση το ειδικό λατινικό όνομά του και το λατινικό όνομα της άμεσης ομάδας στην οποία ανήκε. Έτσι τα λιοντάρια ονομάζονταν *Felis leo* και οι αγριόγατες *Felis sylvestris*, αλλά και τα δύο ανήκαν στο γένος *Felis* (γάτες). Αυτή η μέθοδος συνεχίζει να αποτελεί τη βάση της βιολογικής ονοματολογίας, και ως σήμερα οποιοσδήποτε περιγράφει πρώτος ένα νέο είδος έχει το προνόμιο να αποφασίσει τη διπλή ονομασία με την οποία θα γίνει γνωστό.

Η πρώτη έκδοση του βιβλίου *Το σύστημα της φύσης* ήταν ένα φυλλάδιο δεκατεσσάρων σελίδων. Μέχρι τη δέκατη έκδοσή του το πάθος του Λινναίου για ταξινόμηση το είχε μετατρέψει σε έναν τόμο 2.500 σελίδων. Τα κριτήριά του για τη διαίρεση του έμβιου κόσμου ήταν πιο θεμελιώδη από εκείνα που χρησιμοποίησαν οι προηγούμενοί του και το σύστημά του άντεξε τη δοκιμασία του χρόνου. Όμως, σύμφωνα με τα πρότυπα των μεταγενέστερων μελετητών, και ο ίδιος ο Λινναίος μπορεί να κατηγορηθεί –αλλά σε μικρότερο βαθμό– ότι εξαπατήθηκε από επιφανειακές διαφορές και γι' αυτό έκτοτε το σύστημά του βελτιώθηκε.

Όταν οι μετέπειτα βιολόγοι αναθεώρησαν τις κατηγορίες του και τις αναδιέταξαν για να δώσουν έμφαση στις οικογενειακές σχέσεις, ήρθε στην επιφάνεια μια ειρωνεία που περιεχόταν στο έργο του. Ο Λινναίος δε χρησιμοποίησε την κατηγορία «οικογένεια» και δεν πίστευε στην εξέλιξη. Παρό-

λο που αργότερα έγινε λιγότερο δύσκαμπτος όσον αφορά την πίστη του στη σταθερότητα των ειδών, ποτέ δεν έπαψε να πιστεύει ότι κάθε γένος ζώου και φυτού αντιπροσώπευε μια πρωτότυπη δημιουργία και εκπροσωπούσε μια ξεχωριστή ιδέα στο μυαλό του Θεού. Ωστόσο, η ιδέα της «ταξινόμησης» που εμπεριείχε το σύστημά του μπορούσε να εξηγηθεί με την περίπτωση των οικογενειακών δέντρων τα οποία αναπόφευκτα υποδήλωναν κοινή καταγωγή. Μέχρι το 1778 που πέθανε, η επί σαράντα χρόνια αφοσίωσή του στην ταξινόμηση είχε θέσει τα θεμέλια πάνω στα οποία ο Κάρολος Δαρβίνος θα στήριζε τη θεωρία του περί εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής.

Η ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ Το σύστημα ταξινόμησης του Λινναίου αναγνώριζε τέσσερις μόνο κατηγορίες: επειδή πίστευε στη συνέχιση των ειδών από την αρχική τους δημιουργία, το σύστημά του ήταν σχεδιασμένο ως μια βοήθεια για τον εντοπισμό των ειδών και όχι για το σχεδιασμό των οικογενειακών δέντρων. Επομένως δεν είχε καμία χρήση για ανώτερες κατηγορίες όπως η φυλή ή το βασίλειο. Ο ίδιος ο Λινναίος, με βάση την ταξινόμηση σύμφωνα με τη σημερινή εκδοχή του συστήματός του, θα μπορούσε να περιγραφεί ως ακολούθως:

Βασίλειο:	Animalia (Ζώα)
Φυλή:	Chordata (Χορδωτά)
Υποφυλή:	Vertebrata (Σπονδυλωτά)
Τάξη:	Mammalia (Θηλαστικά)
Σειρά:	Primates (Ανώτερα)
Οικογένεια:	Hominidae (Ανθρωποειδή)

Γένος: *Homo*
Είδος: *Homo sapiens*

Αυτό μας λέει ότι ήταν ένα ζώο, με σπονδυλική στήλη και νωτιαίο μυελό, ότι ήταν θηλαστικό, ότι ανήκε στην ίδια τάξη με τους πιθήκους και τις μαϊμούδες, και στην ίδια οικογένεια με τα εξαφανισθέντα ανθρωποειδή όπως ο *Homo erectus*· επίσης, πως ήταν μέλος του ίδιου είδους με κάθε άνθρωπο που έχει βαδίσει πάνω στη Γη τα τελευταία 100.000 χρόνια.

Η ΕΝΤΥΠΩΣΙΑΚΗ ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ Το σύστημα που εφεύρε ο Λινναίος χρειάστηκε να αντιμετωπίσει μια ποικιλία πολύ μεγαλύτερη από αυτή που θα μπορούσε να φανταστεί. Από το θάνατό του και μετά οι βιολόγοι έχουν περιγράψει πάνω από ένα εκατομμύριο διαφορετικά είδη και δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι ένας μεγαλύτερος αριθμός περιμένει να έρθει στο φως. Και να σημειωθεί πως αυτά είναι μόνο τα *έμβια* είδη. Τα εξαφανισμένα είδη θα αυξήσουν τον συνολικό αριθμό πολλές φορές. Ο Βρετανός βιολόγος Τζ. Μπ. Σ. Χαλντέιν ρωτήθηκε κάποτε τι είχε διδαχθεί για τον Θεό μελετώντας τη φύση. Κι εκείνος απάντησε πως ο Θεός είχε «μιαν απροσμέτρητη λατρεία για τα σκαθάρια». Ήταν μια απάντηση που δε θα υπήρχε λόγος να ξανασκεφτεί σήμερα. Από τα 750.000 αναγνωρισμένα είδη εντόμων, τα 330.000 είναι σκαθάρια.

Ο σημερινός κατάλογος των έμβιων ειδών που έχει καταρτίσει το Ινστιτούτο Παγκόσμιων Πόρων υποδιαιρείται ως εξής:

Αριθμός ειδών*
(στρογγυλοποιημένος)

Σπονδυλωτά

Θηλαστικά	4.000
Πουλιά	9.000
Ερπετά	6.000
Αμφίβια	4.000
Ψάρια	19.000

Ασπόνδυλα

Αρθρόποδα (αράχνες, καβούρια κτλ., περιλαμβάνονται 750.000 έντομα)	870.000
Εχινόδερμα (αχινοί)	6.000
Οστρακοειδή	50.000
Ζωνοσκώληκες	12.000
Επιπεδοσκώληκες	12.000
Κυκλοσκώληκες	12.000
Κοιλεντερωτά (μέδουσες, κοράλλια)	9.000
Σπόγγοι	5.000
Φυτά	250.000
Μύκητες	7.000
Πρώτιστοι (άλγη κτλ.)	8.000
Προκαρυωτικοί οργανισμοί (βακτηρίδια)	5.000
Αρχαϊκοί οργανισμοί (μονοκύτταροι) Δεν αναφέρονται	

* Κάθε χρόνο εντοπίζονται 30.000 νέα είδη.

ΤΟ ΓΕΝΟΣ «ΑΝΘΡΩΠΟΣ» Παρόλο που ο Λινναίος, σύμφωνα με το δικό του σύστημα, ανήκει στο γένος «άνθρωπος» (*homo*), που είναι διαφορετικό από όλα τα άλλα πρω-

τεύοντα, αυτός ήταν ένας διαχωρισμός που ο ίδιος θα προτιμούσε να αποφύγει. Στον πρόλογο του βιβλίου του με τίτλο *Τα ζώα της Σουηδίας*, το οποίο εκδόθηκε το 1746, δήλωνε: «Ακόμη απομένει να βρω χαρακτηριστικά που θα δίνουν τη δυνατότητα στον άνθρωπο να ξεχωρίζει με βάση κάποιες επιστημονικές αρχές από έναν πίθηκο».

Τελικά το θάρρος του τον εγκατέλειψε. Κι αυτός, όπως πολλοί αξιοσέβαστοι φυσιδίφες του δέκατου όγδοου και του δέκατου ένατου αιώνα, επέτρεψε στην επιστήμη του να επηρεαστεί από το θρησκευτικό δόγμα. Στην τελική εκδοχή της ταξινόμησής του τοποθέτησε τον *Homo sapiens* σε ξεχωριστό, δικό του γένος. Ήταν μια τιμή που δεν την άξιζε αυτό το είδος. Αν καταστρώναμε σήμερα την ταξινόμηση, την τιμή αυτή δε θα την κάναμε.

ΤΟ ΓΡΗΓΟΡΙΑΝΟ ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ Το 46 π.Χ. ο δικτάτορας Ιούλιος Καίσαρας, ο οποίος παντρεύτηκε μια Ρωμαία γόνο καλής οικογενείας, αναστάτωσε κάποιους πολύ ισχυρούς ανθρώπους στη Ρώμη με την πολυτελέστατη υποδοχή της ερωμένης του, της βασίλισσας Κλεοπάτρας της Αιγύπτου. Της παραχώρησε μια έπαυλη για να μένει όσο καιρό διάρκεσε η επίσκεψή της, δηλαδή μέχρι τη δολοφονία του, δύο χρόνια αργότερα. Το γεγονός αυτό αναμφίβολα ενθάρρυνε τη συνωμοσία που οδήγησε στο θάνατό του. Εντούτοις, μια πιο μακροχρόνια συνέπεια του αιγυπτιακού ειδυλλίου του ήταν η αναμόρφωση του ημερολογίου που του πρότεινε ένας Αιγύπτιος αστρονόμος, ο Σωσιγένης, που τον συνόδευσε κατά την επιστροφή του στη Ρώμη.

Το Ιουλιανό Ημερολόγιο, το οποίο εισήγαγε ο Καίσαρας και το οποίο έφερε το όνομά του, παρέμεινε σε ισχύ σε ολό-

κληρη την Ευρώπη για χίλια εξακόσια χρόνια μετά το θάνατό του. Δυστυχώς, δεν ήταν τόσο ακριβές όσο θα μπορούσε, και μέχρι τον όγδοο αιώνα μ.Χ. είχε αρχίσει να προκαλεί ανησυχίες επειδή οδηγούσε σε προβλήματα κατά τον καθορισμό του Πάσχα των χριστιανών. Για τα επόμενα οκτακόσια χρόνια το θέμα της αναμόρφωσης του ημερολογίου ήταν από τα πιο έντονα συζητούμενα θέματα της χριστιανοσύνης.

Το πρόβλημα ήταν ότι το Ιουλιανό Ημερολόγιο υπέθετε πως η διάρκεια του έτους ήταν 365,25 ημέρες, ενώ στην πραγματικότητα είναι 365,242 ημέρες. Έτσι, μέχρι τα τέλη του δέκατου έκτου αιώνα το χριστιανικό ημερολόγιο παρουσίαζε μεγάλη απόκλιση. Για λόγους που δε χρειάζεται να εξετάσουμε εδώ, το αθροιστικό λάθος ήταν 10 ημέρες. Το 1582 ο πάπας Γρηγόριος ΙΓ΄ έπεισε αρκετά ευρωπαϊκά κράτη να συμφωνήσουν με αυτό που έγινε γνωστό ως Γρηγοριανό Ημερολόγιο. Για να δοθεί η δυνατότητα να συμπέσει και το παλιό ημερολόγιο, 10 ημέρες διαγράφηκαν τελείως.

Το Ιουλιανό Ημερολόγιο είχε επιτύχει κατά μέσο όρο 365,25 ημέρες με την ένθεση μίας επιπλέον ημέρας κάθε 4 χρόνια. Το Γρηγοριανό Ημερολόγιο έκανε μια μικρή αλλαγή σε αυτό τον κανόνα: θα προσέθετε μία επιπλέον ημέρα αν το έτος ήταν διαιρετό διά 4, αλλά όχι αν ήταν διαιρετό με το 100, εκτός αν ήταν διαιρετό και με το 400.

Οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες υιοθέτησαν το νέο ημερολόγιο αρκετά γρήγορα. Οι Άγγλοι επίσκοποι, απρόθυμοι να ακολουθήσουν τον Πάπα, προέτρεψαν για περαιτέρω συζήτηση η οποία, κατά τον κλασικό αγγλικό κανόνα, συνεχίστηκε επί εκατόν εβδομήντα χρόνια. Μέχρι να εναρμονιστούν οι Άγγλοι –και μαζί τους οι Σκοτσέζοι και οι Ιρλανδοί–, έπρεπε να διαγράψουν 11 ημέρες. Μετά την Τετάρτη 2 Σε-

πτεμβρίου 1752, ακολουθούσε η Πέμπτη 14 Σεπτεμβρίου. Αυτό δεν άρεσε σε όλους. Επειδή πίστευαν ότι τους έκλεψαν ένα κομμάτι από τη ζωή τους, πολλοί διαμαρτύρονταν με το σύνθημα: «Δώστε μας πίσω τις έντεκα ημέρες μας». Όμως από τη στιγμή που έγινε αυτή η «διόρθωση», η επέκταση της Βρετανικής Αυτοκρατορίας φρόντισε να υιοθετηθεί το ημερολόγιο αυτό σε ολόκληρο τον κόσμο. Ωστόσο, η Ρωσική Αυτοκρατορία παρέμεινε ως είχε μέχρι την Επανάσταση του 1917.

Η ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟΥ Πολλές χώρες υιοθέτησαν το Γρηγοριανό Ημερολόγιο σχεδόν αμέσως. Όπως δείχνει ο παρακάτω πίνακας, όμως, κάποιες χώρες άργησαν αρκετά να κάνουν την αλλαγή:

Ημερομηνία υιοθέτησης

Ιταλία, Ισπανία,		
Πορτογαλία, Πολωνία	1582	5-14 Οκτωβρίου
Γαλλία	1582	10-19 Δεκεμβρίου
Γερμανία (ρωμαιοκαθολική)	1583	διάφορες ημ/νίες
Γερμανία (προτεσταντική)	1700	19-28 Φεβρουαρίου
Αγγλία (και αποικίες), Σκοτία, Ιρλανδία	1752	3-13 Σεπτεμβρίου
Αλάσκα (πρώην τμήμα της Ρωσίας)	1867	
Ιαπωνία*	1873	
Κίνα*	1912	
Σοβιετική Ένωση	1918	1-13 Φεβρουαρίου
Ελλάδα	1924	10-22 Μαρτίου
Τουρκία	1926	19-31 Δεκεμβρίου

* Οι χώρες αυτές δε χρησιμοποιούσαν το Ιουλιανό Ημερολόγιο.

Η ΔΑΜΑΛΙΤΙΔΑ ΚΑΙ Η ΕΥΛΟΓΙΑ Τον δέκατο όγδοο αιώνα η ευλογία ήταν μια φοβερή ασθένεια. Σε κάποιες περιπτώσεις εμφάνισής της προκαλούσε το θάνατο του ενός στους τρεις από αυτούς που προσβάλλονταν, ενώ όσοι κατάφερναν να επιβιώσουν συχνά έμεναν τυφλοί ή φριχτά παραμορφωμένοι. Από πολύ καιρό ήταν γνωστό ότι όσοι είχαν δεχτεί ήπια επίθεση από αυτή τη νόσο στη συνέχεια είχαν ανοσία απέναντί της. Τόσο οι Τούρκοι όσο και οι Κινέζοι είχαν ανακαλύψει ότι ήταν δυνατό να προστατέψουν τον πληθυσμό εμβολιάζοντάς τον με πύο από τις πληγές εκείνων που έπασχαν από ευλογία και η πρακτική αυτή εισήχθη και στην Ευρώπη. Μόνο που ήταν κάθε άλλο παρά ικανοποιητική. Παρόλο που η σοβαρότητα της προσβολής συχνά μειωνόταν με τον εμβολιασμό, η διαδικασία αυτή βοηθούσε στην εξάπλωση της νόσου σε άτομα που δεν είχαν προσβληθεί. Αυτός που ανακάλυψε πώς να εφαρμόζεται με ασφάλεια ο εμβολιασμός για την ευλογία ήταν ένας Άγγλος γιατρός που τον έλεγαν Έντουαρντ Τζένερ.

Ο Τζένερ γεννήθηκε το 1749 στο Γκλούστερσιρ. Ο πατέρας του ήταν ιερέας, αλλά οι γονείς του πέθαναν όταν αυτός ήταν ακόμα παιδί, και τη φροντίδα του ανέλαβε ένας μεγαλύτερος αδελφός του. Ο Τζένερ σε ηλικία 13 ετών άρχισε να εργάζεται ως βοηθός ενός χειρουργού. Στα 21 του πήγε στο Λονδίνο ως μαθητής του ανατόμου Τζον Χάντερ, ο οποίος ήταν ο πιο επιφανής γιατρός στην Αγγλία. Δάσκαλος και μαθητής δεν ασχολούνταν απλώς με το ίδιο επάγγελμα, αλλά είχαν και το ίδιο ενδιαφέρον για όλους τους κλάδους της επιστήμης και ειδικότερα τη φυσική ιστορία. Ο Τζένερ έγινε αγαπητός στην κοινωνία του Λονδίνου και ο σερ Τζόζεφ Μπανκς του ανέθεσε να καταρτίσει έναν κατά-

λογο με τα γεωλογικά δείγματα που έφερε ο καπετάνιος Τζέιμς Κουκ από το πρώτο του ταξίδι.

Επιστρέφοντας στο Γκλούστερσιρ ως γιατρός ο Τζέιμς ενδιαφέρθηκε για το θέμα της δαμαλίτιδας. Οι γυναίκες που ασχολούνταν με την κτηνοτροφία είχαν καθαρή επιδερμίδα. Πολλοί άνθρωποι της εξοχής το απέδιδαν στο ότι είχαν αποφύγει την ευλογιά, επειδή είχαν μολυνθεί από δαμαλίτιδα. Αυτό οδήγησε τον Τζέιμς να μελετήσει το ενδεχόμενο εμβολιασμού με δαμαλίτιδα ως μέσο για την προστασία κατά της ευλογιάς. Αυτό το είχαν επιχειρήσει και άλλοι, με ατυχή αποτελέσματα, αλλά οι έρευνες του Τζέιμς αποκάλυψαν ότι υπήρχαν δύο είδη δαμαλίτιδας, και μόνο το ένα φαινόταν ότι εξασφάλιζε ανοσία προς την ευλογιά. Επίσης διαπίστωσε ότι για να εξασφαλιστεί η ανοσία, έπρεπε να υπάρξει προσβολή από δαμαλίτιδα στην κατάλληλη φάση εξέλιξης της νόσου.

Η δαμαλίτιδα ήταν σπάνια ασθένεια στην περιοχή του Γκλούστερσιρ και μόλις το 1796 δόθηκε στον Τζέιμς μια ευκαιρία για το πείραμα που είχε στο μυαλό του. Τη χρονιά εκείνη, γνώρισε μια γυναίκα που εργαζόταν ως κτηνοτρόφος, τη Σάρα Νελμς, η οποία είχε προσβληθεί από δαμαλίτιδα από την αγελάδα της, την Μπλόσομ. Χρησιμοποιώντας ένα σουγιά και πύο από τις πληγές της Σάρα, εμβολίασε ένα οκτάχρονο αγόρι που δεν είχε προσβληθεί ούτε από δαμαλίτιδα ούτε από ευλογιά. Με μεγάλο κίνδυνο για το παιδί και ένα καθόλου ευκαταφρόνητο ρίσκο για τη φήμη του, όχι μόνο εμβολίασε το παιδί με δαμαλίτιδα, αλλά στη συνέχεια το εξέθεσε και αρκετές φορές στην ευλογιά. Δεν παρατηρήθηκαν αρνητικές συνέπειες και το 1798 επανέλαβε το πείραμα, που και αυτή τη φορά στέφθηκε με απόλυτη επιτυχία. Τώρα ένιωθε ασφαλής να δημοσιεύσει λεπτομέ-

ρειες γύρω από τα πειράματά του. Απέκτησε μεγάλη φήμη και το αγγλικό έθνος από ευγνωμοσύνη του απένειμε δύο σημαντικά χρηματικά έπαθλα. Έπειτα από κάποιες αντιρρήσεις, άρχισε να εφαρμόζεται ένα πρόγραμμα εμβολιασμών. Εκατομμύρια άνθρωποι εμβολιάστηκαν και μέσα σε μερικά χρόνια οι θάνατοι από ευλογιά μειώθηκαν κατά δύο τρίτα.

Η τελευταία καταγεγραμμένη περίπτωση ευλογιάς που σημειώθηκε παγκοσμίως εμφανίστηκε το 1978 και λίγο αργότερα ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας ανακοίνωσε ότι η συγκεκριμένη ασθένεια είχε εξαλειφθεί τελείως. Χάρη στην επιστημονική περιέργεια του Τζέιμς και στην αίσια έκβαση του πειράματός του, μία από τις μεγαλύτερες κατάρτες της ανθρωπότητας εξαλείφθηκε από τη Γη.

Ο ΤΖΟΝ ΓΚΟΥΝΤΡΑΪΚ Οι κολοσσοί της επιστήμης –ο Νεύτωνας, ο Φάραντεϊ, ο Αϊνστάιν και άλλοι– συνήθως τραβούν πάνω τους τα φώτα της δημοσιότητας και ωθούν τους άλλους στο περιθώριο. Γι' αυτό θα αφιερώσουμε λίγο χρόνο στον Τζον Γκούντραϊκ. Αυτός πέθανε το 1786 σε ηλικία 21 ετών έχοντας ένα αξιοσημείωτο επίτευγμα στο ενεργητικό του και έχοντας δώσει μια υπόσχεση που δεν επρόκειτο ποτέ να εκπληρωθεί.

Ο Γκούντραϊκ, γιος ενός Άγγλου διπλωμάτη και μιας Ολλανδής, γεννήθηκε στο Γκρόνινγκεν της Ολλανδίας το 1764. Σε ηλικία πέντε χρόνων έχασε τελείως την ακοή του λόγω προσβολής από οστρακιά. Όμως οι γονείς του τον έστειλαν σε ένα ειδικό σχολείο στο Εδιμβούργο όπου έμαθε να καταλαβαίνει τους άλλους από τις κινήσεις των χειλιών και ανέπτυξε την ικανότητα της ομιλίας. Ενώ φοιτούσε σε ένα άλλο ειδικό σχολείο κοντά στο Γιορκ, έγινε ένθερμος ερασι-

τέχνης αστρονόμος. Το 1782, σε ηλικία 18 ετών, έκανε μια πολύ αξιόλογη υπόθεση σχετικά με το μυστικό ενός αστέρα.

Ο δεύτερος πιο φωτεινός αστέρας στον αστερισμό του Περσέα ονομάζεται Αλγκόλ, που στα αραβικά σημαίνει «δαίμονας». Όποιος του έδωσε αυτό το όνομα πρέπει να είχε παρατηρήσει κάτι παράξενο σε αυτό τον αστέρα. Είναι αυτό που οι αστρονόμοι ονομάζουν *μεταβλητό αστέρα*. Μία φορά κάθε τρεις ημέρες το φως του μειώνεται ξαφνικά κατά τρία τέταρτα· παραμένει υποτονικό για δέκα ώρες και στη συνέχεια ανακτά την αρχική φωτεινότητά του. Οι Έλληνες δεν είχαν να κάνουν κανένα σχόλιο γι' αυτό. Ενδεχομένως να αποτελούσε ένα «μελανό» σημάδι σε αυτό που υποτίθεται πως ήταν ένα τέλειο και αμετάβλητο σύμπαν. Οι Ευρωπαίοι αστρονόμοι το γνώριζαν από το 1670 τουλάχιστον, αλλά παρέμενε ένα μυστήριο.

Ο Γκούντραϊκ μελέτησε επισταμένα τον αστέρα αυτό και ανακάλυψε ότι οι διακυμάνσεις στη φωτεινότητά του συνβαιναν με απόλυτη κανονικότητα σε ένα διάστημα 68 ωρών και 49 λεπτών. Για να το εξηγήσει επιχείρησε μια τολμηρή εικασία. Υποστήριξε ότι ο Αλγκόλ είχε έναν άορατο σύντροφο που περιφερόταν σε τροχιά γύρω του και πως η μείωση της φωτεινότητάς του παρατηρούνταν όταν ο σύντροφος αυτός περνούσε ανάμεσα στον Αλγκόλ και τη Γη, μειώνοντας έτσι τη μεγαλύτερη ποσότητα του φωτός του. Την άνοιξη του 1783, όταν ο Γκούντραϊκ ήταν ακόμα 18 ετών, παρουσίασε την εργασία του όπου περιέγραφε τις εικασίες του στη Βασιλική Εταιρεία. Τον Απρίλιο του 1786, σε ηλικία 21 ετών, έγινε δεκτός ως μέλος της Βασιλικής Εταιρείας και του απονεμήθηκε το βαρύτιμο Μετάλλιο Κόπλεϊ. Τέσσερις μέρες μετά πέθανε από πνευμονία.

Το 1804, εκατόν τέσσερα χρόνια μετά το θάνατο του Γκούντραϊκ, ένας Γερμανός αστρονόμος, ο Χέρμαν Φόγκελ, έστρεψε το φασματοσκόπιό του προς τον Αλγκόλ και διαπίστωσε από το φάσμα του ότι η ερμηνεία του Γκούντραϊκ ήταν σωστή. Ο Αλγκόλ ήταν ένας *διπλός αστέρας*, δηλαδή ένας φωτεινός αστέρας που κατά περιόδους επισκιάζόταν από ένα σκοτεινό σύντροφο που περιφερόταν γύρω του. Αν ζούσαμε σε ένα δίκαιο κόσμο, ο αστέρας αυτός θα είχε ονομαστεί αστέρας του Γκούντραϊκ.

ΤΟ ΦΩΣ ΚΑΙ Ο ΗΧΟΣ Το φως και ο ήχος έχουν πολλά κοινά. Και τα δύο μεταφέρουν πληροφορίες σχετικά με απομακρυσμένα γεγονότα σε όργανα που έχουν αναπτυχθεί για να επεξεργάζονται ένα συγκεκριμένο είδος μηνύματος. Και τα δύο έχουν χαρακτηριστικά κύματος. Και τα δύο έχουν φάσμα. Και τα δύο παραμορφώνονται από τη δίοδο από ένα μέσο σε ένα άλλο. Και τα δύο διασπείρονται σύμφωνα με το νόμο περί αντίστροφων τετραγώνων του Νεύτωνα. Ένα άτομο που κάθετα ένα μέτρο μακριά από την τηλεόραση μπορεί να απελπιστεί από τα παράπονα της συζύγου του ότι χάνει όλα τα αστεία που λέγονται. Αν όμως εκείνη κάθετα ενάμισι μέτρο μακριά, η ένταση του ήχου που φτάνει στα αυτιά της θα είναι λιγότερη από τη μισή που φτάνει στα δικά του και το παράπονό της μπορεί να είναι απόλυτα δικαιολογημένο.

Υπάρχουν ωστόσο μερικές θεμελιώδεις διαφορές ανάμεσα στα δύο φαινόμενα. Το φως είναι σαν ένα μήνυμα που ταξιδεύει δεμένο σε ένα βέλος. Ο ήχος είναι σαν ένα μήνυμα το οποίο μεταφέρει μια ομάδα δρομέων της σκυταλοδρομίας. Πρόκειται για μια ανατάραξη που εξαπλώνεται μέσω ενός

υλικού ως αποτέλεσμα συγκρούσεων μεταξύ των μορίων από τα οποία το συγκεκριμένο υλικό απαρτίζεται. Αν δεν υπάρχουν μόρια για τη μεταβίβασή του, το μήνυμα δεν μπορεί να μεταδοθεί. Γι' αυτόν το λόγο ο ήχος δεν μπορεί να ταξιδέψει στο κενό, ενώ το φως... λατρεύει το κενό.

Το φως κινείται πολύ πιο γρήγορα από τον ήχο. Η ταχύτητα του φωτός στο κενό φτάνει τον εκπληκτικό αριθμό των 300.000 χιλιομέτρων ανά δευτερόλεπτο. Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι μόλις 340 μέτρα το δευτερόλεπτο. Αυτό μας διευκολύνει να εντοπίσουμε τη θέση μιας διερχόμενης καταιγίδας αφού μετρήσουμε το διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα σε μια αστραπή και τη βροντή που σχετίζεται με αυτήν. Αν ο χρόνος που διέρρευσε είναι 5 δευτερόλεπτα, ο κεραυνός έπεσε 1,7 χιλιόμετρα μακριά.

Η ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΗΧΟΥ Τόσο το φως όσο και ο ήχος κινούνται με ποικίλες ταχύτητες καθώς διέρχονται από διαφορετικά μέσα. Ενδεικτικά στοιχεία για το φως είναι τα παρακάτω:

Μέσο	Ταχύτητα (χμ./ δευτ.)	Δείκτης διάθλασης*
Κενό	300.000	1,00
Αέρας	299.500	1,00
Νερό	225.000	1,33
Γυαλί (μέσης ποιότητας)	185.000	1,60

* Η έκταση στην οποία το φως αλλάζει πορεία κατά τη διέλευσή του από ένα συγκεκριμένο υλικό.

Σε αντίθεση με το φως, ο ήχος κινείται γρηγορότερα μέσω των πυκνών υλικών:

Μέσο	Ταχύτητα (μ./δευτ.)
Κενό	Μηδέν
Αέρας (στους 0° C)	330
Νερό (στους 0° C)	1.280
Ξύλο (βελανιδιάς)	3.850
Χάλυβας	5.060

Ο ΑΕΡΑΣ ΠΟΥ ΑΝΑΠΝΕΟΥΜΕ Η σύσταση της κατώτερης ατμόσφαιρας (μέχρι το υψόμετρο των 15 χιλιομέτρων) είναι σε σημαντικό βαθμό σταθερή σε ολόκληρη την υδρόγειο. Κατά βάση αποτελείται από τέσσερα μέρη αζώτου και ένα μέρος οξυγόνου. Η σύσταση του ξηρού αέρα (που δεν περιέχει υδρατμούς) είναι:

Αζωτο	78,1%
Οξυγόνο	20,9%
Αργόν	0,9%
Διοξείδιο του άνθρακα	0,03%*
Άλλα	0,07%

* Η αναλογία διοξειδίου του άνθρακα στον αέρα είναι μικρότερη στις παράκτιες περιοχές και γύρω από τους Πόλους. Σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές ποικίλλει ανάλογα με το ύψος της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων.

Ο ΑΕΡΑΣ ΣΕ ΥΨΟΜΕΤΡΟ Παρόλο που η σύσταση του αέρα είναι λίγο-πολύ ίδια σε ολόκληρη την κατώτερη ατμόσφαιρα, η πραγματική ποσότητα αέρα μειώνεται απότομα καθώς ανεβαίνουμε σε υψόμετρο. Το βάρος της ατμόσφαιρας αυτής καθαυτήν πιέζει τον αέρα σε κατώτερα επίπεδα, κάνοντάς τον πιο πυκνό. Συνεπώς υπάρχει πολύ λιγότερος αέρας σε ένα δεδομένο όγκο στα ανώτερα στρώματα. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει την ταχεία μείωση της πυκνότητας του αέρα καθώς αυξάνεται το υψόμετρο:

Ύψος (μέτρα)	Πυκνότητα του αέρα
0	100%
1.000	90%
2.000	80%
4.000	67%
8.000	43%

Τα 8.000 μέτρα είναι το ύψος της υψηλότερης κορυφής των Ιμαλαΐων. Θα μπορούσε κανείς να σκεφτεί πως δεδομένου ότι ο αέρας σε αυτό το υψόμετρο έχει τη μισή σχεδόν πυκνότητα από ό,τι στην επιφάνεια της θάλασσας και περιέχει την ίδια αναλογία οξυγόνου, θα μπορούσε κανείς να επιβιώσει εκεί απλώς ανασαίνοντας δύο φορές πιο γρήγορα. Ωστόσο, η φυσιολογία της αναπνοής και η κυκλοφορία του οξυγόνου είναι ένα περίπλοκο θέμα και ένας μη συνηθισμένος ορειβάτης – που θα υποχρεωθεί να αναπνέει τον αέρα στα 8.000 μέτρα– δε θα μπορούσε να ζήσει για πολύ.

Η ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ Ένα άλλο μάθημα που παίρνουν οι ορειβάτες και μάλιστα με επώδυνο τρόπο είναι η σπουδαιότητα του να σκεπάζουν το σώμα τους όταν φυσάει. Ακόμη κι όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλή, συνήθως παραμένεις ζεστός αν φοράς τα κατάλληλα ρούχα και υπάρχει άπνοια. Είναι ένα άλλο, τελείως διαφορετικό πρόβλημα όταν κάποιος έχει να αντιμετωπίσει χαμηλή θερμοκρασία σε συνδυασμό με δυνατούς ανέμους. Σε κάτι τέτοιες περιπτώσεις εμφανίζεται το φαινόμενο που ονομάζεται «wind chill» (ψυχρότητα ανέμου) και είναι σωστός δολοφόνος.

Όταν υπάρχει άπνοια η θερμοκρασία του σώματος δημιουργεί ένα μονωτικό περιτύλιγμα από σχετικά θερμό αέρα γύρω του. Αυτό μειώνει τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο δέρμα και τον αέρα που το περιβάλλει και μειώνει το ρυθμό απώλειας θερμότητας. Όμως κάθε ροή αέρα σε χαμηλότερη θερμοκρασία από εκείνη του δέρματος αυξάνει το ρυθμό απώλειας θερμότητας. Παραδόξως ίσως, ο αντίκτυπος είναι ιδιαίτερα έντονος σε μέτριες ταχύτητες ανέμου. Αυτό συμβαίνει επειδή ο άνεμος που κινείται με 35 χιλιόμετρα την ώρα περνάει κατά μήκος του δέρματος με διπλάσια ταχύτητα από έναν άνεμο με ταχύτητα 17,5 χιλιομέτρων την ώρα, ενώ ένας άνεμος που πνέει με ταχύτητα 105 χιλιομέτρων την ώρα κινείται πάνω στο δέρμα με 1,5 μόνο φορά την ταχύτητα του ανέμου που πνέει με ταχύτητα 64 χιλιομέτρων την ώρα.

Οι μετεωρολόγοι χρησιμοποιούν το συντελεστή ψυχρότητας ανέμου («wind-chill factor») για να υπολογίσουν την τελική θερμοκρασία που δημιουργείται από ένα συνδυασμό ανέμου και χαμηλής θερμοκρασίας. Η απειλή που συνιστούν για τη ζωή ακόμα και οι μέτριας ταχύτητας άνεμοι κάτω από συνθήκες ψύχους αποτυπώνεται στους παρακάτω πίνακες:

**ΤΕΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙ Η ΨΥΧΡΟΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ**

Ταχύτητα ανέμου (χμ./ώρα)	Θερμοκρασία περιβάλλοντος (°C)			
	5	-10	-20	-30
10	2	-12	-28	-40
50	-2	-17	-35	-48
100	-4	-20	-40	-54

Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ Στα βουνά πνέουν ισχυροί άνεμοι. Η υψηλότερη ταχύτητα ανέμου που καταγράφηκε ποτέ ήταν στο όρος Ουάσινγκτον, στο Νιου Χαμσάιρ, στις 12 Απριλίου 1934: έφτανε τα 371 χιλιόμετρα την ώρα, δηλαδή είχε *τριπλάσια* ταχύτητα από τους θυελλώδεις ανέμους.

Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ Το γεγονός ότι υπάρχει αέρας για να αναπνέουμε οφείλεται στη βαρύτητα. Η έννοια της *ταχύτητας διαφυγής* (βλέπε σελίδα 117), που διέπει την ικανότητα ενός διαστημόπλοιου να απομακρυνθεί από τη Γη, διέπει και τη συμπεριφορά και οποιουδήποτε άλλου πράγματος που διαφορετικά θα διοχετευόταν στο Διάστημα, μεταξύ των οποίων και τα αέρια. Οι ταχύτητες των μεμονωμένων μορίων σε ένα δεδομένο αέριο ποικίλλουν, αλλά κάθε αέριο έχει μια χαρακτηριστική μέση μοριακή ταχύτητα. Γενικά μιλώντας, όσο πιο ελαφρύ είναι το αέριο, τόσο υψηλότερη είναι η μέση ταχύτητα των μορίων του. Επομένως, η σύνθεση της ατμόσφαιρας ενός πλανήτη εξαρτάται από δύο παράγοντες:

1. την ποσότητα των διάφορων αερίων που δημιουργήθηκαν στην επιφάνεια του πλανήτη μέχρι σήμερα

και

2. την ταχύτητα διαφυγής σε διάφορα επίπεδα της ατμόσφαιρας του πλανήτη.

Στην περίπτωση της Γης η μέση ταχύτητα των μορίων του οξυγόνου και του αζώτου στην ατμόσφαιρα είναι σημαντικά χαμηλότερη από την ταχύτητα διαφυγής των 11 χιλιομέτρων ανά δευτερόλεπτο και συνεπώς ένα μικρό μόνο ποσοστό των αερίων αυτών, από το υψηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας, διαχέεται στο Διάστημα σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Συνεπώς απαιτείται μια μέτρια παραγωγή από τα παραπάνω αέρια στην επιφάνεια της Γης για να διατηρηθεί σε ισορροπία η αναλογία τους στην ατμόσφαιρα. Το υδρογόνο και το ήλιον, λόγω του ότι είναι πολύ ελαφρύτερα, έχουν πολύ υψηλότερες μοριακές ταχύτητες και συνεπώς συναντώνται σε πολύ μικρές ποσότητες μόνο. Αυτό έρχεται σε έντονη αντίθεση με τους ογκώδεις πλανήτες, τον Δία και τον Κρόνο, των οποίων η ατμόσφαιρα αποτελείται κυρίως από αυτά τα στοιχεία.

Αν η μοριακή ταχύτητα ενός αερίου είναι σημαντικά υψηλότερη από την ταχύτητα διαφυγής του συγκεκριμένου πλανήτη, το αέριο αυτό θα εξαφανιστεί γρήγορα στο Διάστημα. Επομένως ένας πλανήτης με μικρή ταχύτητα διαφυγής είναι απίθανο να έχει ελαφρύτερα αέρια στην ατμόσφαιρά του και μπορεί κάλλιστα να μην έχει καθόλου ατμόσφαιρα. Γι' αυτόν το λόγο δεν υπάρχει σχεδόν καθόλου ατμόσφαιρα στον Άρη και καθόλου ατμόσφαιρα στη Σελήνη. Ό,τι ατμόσφαιρα και να είχε κάποτε, έχει προ πολλού εξαφανιστεί στο Διάστημα.

Η ΑΝΩΤΕΡΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ Ο αραιός αέρας στην κορυφή του Έβερεστ συνεχίζει να αποτελεί –από επιστημονική άποψη– μέρος των κατώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας. Οι επιστήμονες ονομάζουν την περιοχή μέχρι και το υψόμετρο των 16 χιλιομέτρων, ή χονδρικά μέχρι το διπλάσιο ύψος του Έβερεστ, *τροπόσφαιρα*. Σε αυτή την περιοχή βρίσκονται τα σύννεφα και σε αυτή λαμβάνουν χώρα τα καιρικά φαινόμενα.

Η επόμενη περιοχή/στρώμα είναι η *στρατόσφαιρα*. Αυτή ξεκινάει από τα 16 χιλιόμετρα και φτάνει μέχρι τα 50 χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια της Γης. Καθώς κάποιος περνάει τη στρατόσφαιρα, η θερμοκρασία αυξάνεται κάπως – αυτό συμβαίνει διότι η δράση του υπεριώδους φωτός δημιουργεί μια ποικιλία οξυγόνου που ονομάζεται όζον, διαδικασία η οποία απελευθερώνει θερμότητα.

Πάνω από τη στρατόσφαιρα, από το ύψος των 50 χιλιομέτρων μέχρι τα 80 χιλιόμετρα, βρίσκεται η *μεσόσφαιρα*, όπου η θερμοκρασία μειώνεται καθώς αυξάνεται το ύψος. Σε αυτό το ύψος η ατμόσφαιρα είναι πραγματικά πολύ αραιή, αλλά συνεχίζουν να υπάρχουν μόρια για να προβάλλουν αντίσταση σε ένα γρήγορα κινούμενο αντικείμενο. Σε αυτό το στρώμα πυρακτώνονται οι περισσότεροι μετεωρίτες και καίγονται· επίσης, εδώ κρύσταλλοι πάγου σχηματίζουν τα υψηλότερα σύννεφα, τα *λαμπερά νυχτερινά νέφη*, που διακρίνονται όταν σκοτεινιάσει καθώς φωτίζονται από τον μη ορατό πλέον Ήλιο, κάτω από τον ορίζοντα.

Πάνω από τη μεσόσφαιρα υπάρχουν τα λεπτά στρώματα που αποτελούν την *ιονόσφαιρα*. Από αυτά τα στρώματα αντανακλώνται τα μακρά ραδιοφωνικά κύματα και δίνουν τη δυνατότητα στους ακροατές ραδιοφώνου που βρίσκονται στη Γη να λαμβάνουν εκπομπές ΑΜ από πέρα από τον

οπτικό ορίζοντα. Πάνω από αυτά τα στρώματα βρίσκεται η *θερμόσφαιρα*, η οποία εκτείνεται μέχρι τα 500 χιλιόμετρα. Πέρα από τη θερμόσφαιρα, από τα 500 χιλιόμετρα και πάνω μέχρι και πολλές χιλιάδες χιλιόμετρα, βρίσκεται η *εξώσφαιρα*. Η ατμόσφαιρα εκεί είναι τόσο αραιή, που θα μπορούσε να ονομαστεί επίγειο κενό. Εδώ είναι η περιοχή των μαγνητικών πεδίων και των σωματιδίων υψηλής ενέργειας. Οι διαστημικοί σταθμοί βρίσκονται αρκετά κάτω από αυτήν. Από την οπτική γωνία των φυσικών, αυτή η περιοχή συνεχίζει να αποτελεί τμήμα της γήινης ατμόσφαιρας. Όμως για όλους εμάς τους υπόλοιπους είναι απλώς «Διάστημα».

Ο ΝΤΑΛΤΟΝ ΚΑΙ ΤΟ ΑΤΟΜΟ Έχουμε τόσο πολύ συνηθίσει την έννοια των ατόμων ως των βασικών θεμέλιων λίθων για τα πάντα στο σύμπαν –ακόμα και του εαυτού μας–, που είναι δύσκολο να φανταστούμε μια συζήτηση στην οποία δε θεωρείται δεδομένη η ύπαρξή τους. Πριν από διακόσια περίπου χρόνια, όμως, ακόμα και μια απλή νύξη στην ύπαρξη κάτι τέτοιων όντων θα μπορούσε να μας χαρακτηρίσει φαντασιόπληκτους. Αυτός που έκανε τα άτομα αξιοσέβαστα ήταν ένας Άγγλος χημικός που τον έλεγαν Τζον Ντάλτον.

Ο Ντάλτον γεννήθηκε στο χωριό Ίγκλσφιλντ, στην επαρχία Κάμπερλαντ, το 1766. Ήταν κουάκερος, γιος υφαντουργού, και εγκατέλειψε το σχολείο σε ηλικία 11 ετών για να γίνει δάσκαλος σε μια σχολή κουάκερων. Το πρώτο επιστημονικό ενδιαφέρον του ήταν η μετεωρολογία, την οποία άρχισε να μελετάει σε ηλικία είκοσι και κάτι χρόνων με όργανα δικής του σχεδίασης. Το 1793 δημοσίευσε ένα έργο με τίτλο *Μετεωρολογικές παρατηρήσεις και δοκίμια*, το οποίο ήταν ένα από τα πρώτα στο είδος του που γράφτηκαν ποτέ. Διατήρησε το

ενδιαφέρον του για το θέμα αυτό για περισσότερα από πενήντα χρόνια κάνοντας παρατηρήσεις για τον καιρό -200.000 συνολικά- μέχρι την ημέρα του θανάτου του. Το 1794 έγινε το πρώτο άτομο που περιέγραψε την αχρωματοψία, ένα θέμα για το οποίο ήταν πολύ αρμόδιος να γράψει, δεδομένου ότι αντιμετώπιζε κι ο ίδιος αυτό το πρόβλημα.

Από τη μελέτη του καιρού ήθελε μόνο ένα μικρό βήμα για να στραφεί στη μελέτη του αέρα - και από εκεί στις ιδιότητες των αερίων γενικότερα. Σύντομα άρχισε να πιστεύει ότι όλα τα αέρια απαρτίζονταν από μικροσκοπικά, αόρατα σωματίδια και λίγο καιρό αργότερα κατέληξε σε ένα παρόμοιο συμπέρασμα για τα υγρά και τα στερεά.

Ο Γάλλος χημικός Ζοζέφ-Λουί Πroust είχε δείξει το 1799 ότι ο ανθρακούχος χαλκός περιείχε τα στοιχεία χαλκό, άνθρακα και οξυγόνο σε αναλογία 5:1:4 και πως οι αναλογίες αυτές ίσχυαν ανεξάρτητα από το αν η ένωση δημιουργήθηκε μέσα στο εργαστήριο ή στη φύση. Αργότερα απέδειξε ότι το ίδιο ισχύει και για άλλες ενώσεις και έσπευσε να ενσωματώσει αυτή την αρχή σε μια δήλωση που έγινε γνωστή ως *ο νόμος των σταθερών λόγων*.

Ο Ντάλτον συνειδητοποίησε ότι ένας τέτοιος νόμος θα προέκυπτε αναπόφευκτα αν:

1. τα στοιχεία αποτελούνταν από μικροσκοπικά σωματίδια·
2. όλα τα σωματίδια ενός στοιχείου είχαν την ίδια μάζα·
3. τα σωματίδια διαφορετικών στοιχείων είχαν διαφορετικές μάζες·
4. ο συνδυασμός των στοιχείων ελάμβανε χώρα σε επίπεδο μεμονωμένου σωματιδίου.

Υπέθεσε ακόμα ότι τα στοιχεία συνδυάζονταν με διαφορετικές αναλογίες για να σχηματίσουν διαφορετικές ενώσεις. Αυτό τον έκανε να υποπτευθεί ότι το μεθάνιο και το αιθυλένιο ήταν ενώσεις στις οποίες το άζωτο και ο άνθρακας συνδυάζονταν με διαφορετική αναλογία και πως το ίδιο ίσχυε για το μονοξείδιο του άνθρακα και το διοξείδιο του άνθρακα. Αυτό το συμπέρασμα το ενέταξε σε μια βελτίωση του νόμου του Πroust, την οποία ονόμασε *νόμο των απλών πολλαπλασίων*.

Ο Ντάλτον συνειδητοποίησε ότι τα σωματίδιά του έμοιαζαν με τα άτομα, για τα οποία ο Δημόκριτος είχε προ πολλού υποστηρίξει ότι αποτελούσαν τα βασικά δομικά υλικά της φύσης. Γι' αυτό και υιοθέτησε τον όρο του Δημόκριτου για να περιγράψει τα δικά του σωματίδια. Όμως δεν ένιωθε κανένα απολύτως χρέος στον Έλληνα φιλόσοφο. Το άτομο του Δημόκριτου ήταν μια αμιγώς φιλοσοφική έννοια χωρίς θεωρητική ή πειραματική υποστήριξη.

Το 1808 ο Ντάλτον εξέθεσε τις ιδέες του σε ένα έργο με τίτλο *Νέο σύστημα χημικής φιλοσοφίας*. Μέσα σε μερικά χρόνια η έννοιά του περί χημικού συνδυασμού που ήταν η ένωση ατόμων διαφόρων στοιχείων σε σταθερές αναλογίες, στο πλαίσιο μιας διαδικασίας που απαιτούσε ακρίβεια μετρήσεων, έγινε η άποψη που αποδέχονταν οι περισσότεροι εν ενεργεία χημικοί. Όλα άρχισαν να δείχνουν ότι η χημεία θα έπαιρνε κι αυτή ύστερα από πολλά χρόνια τη θέση της ανάμεσα στις ακριβείς επιστήμες.

Ο μετριοπαθής χαρακτήρας του Ντάλτον καθώς και οι πεποιθήσεις του ως κουάκερου τον εμπόδισαν να αποδεχθεί πολλές από τις τιμές που επιθυμούσαν να του αποδώσουν κυβερνήσεις και σύλλογοι μορφωμένων ατόμων. Όμως

δέχτηκε να του απονεύμουν τιμητικό δίπλωμα από το πανεπιστήμιο της Οξφόρδης. Η τήβεννος που φορούσε για την τελετή είχε χρώμα βαθύ κόκκινο, ένα χρώμα που δεν επιτρεπόταν να φοράει ένας κουάκερος. Όμως η αχρωματοψία του διέσωσε την κατάσταση. Εκείνος το κόκκινο το έβλεπε γκριζο.

Η ΓΑΛΒΑΝΙΚΗ ΣΤΗΛΗ Το 1791 ο Λουίτζι Γκαλβάνι, λέκτορας στην ανατομία και καθηγητής μαιευτικής στο πανεπιστήμιο της Μπολόνια, δημοσίευσε μια εργασία στην οποία περιέγραφε ένα πείραμα με βατράχους. Εξηγούσε πώς, όταν τοποθέτησε ένα βάτραχο για ανατομή πάνω σε ένα τραπέζι στο οποίο βρισκόταν ένα ηλεκτρικό μηχάνημα, τα πόδια του βατράχου άρχισαν να συσπώνται. Επίσης περιέγραφε πώς έκαναν συσπάσεις τα πόδια όταν ακουμπούσαν πάνω σε μια μεταλλική επιφάνεια στη διάρκεια μιας καταιγίδας ή όταν αγγίζονταν ταυτόχρονα από όργανα κατασκευασμένα από διαφορετικά μέταλλα. Συμπέρανε ότι είχε γίνει μάρτυρας της απελευθέρωσης του «ζωικού ηλεκτρισμού», του ηλεκτρισμού που ήταν αποθηκευμένος μέσα στο σώμα του βατράχου.

Ο Γκαλβάνι έστειλε ένα αντίτυπο της εργασίας του στο φίλο του, Αλεσάντρο Βόλτα, καθηγητή φυσικής στο πανεπιστήμιο της Παβία, ελπίζοντας στην υποστήριξή του. Όμως η φιλία τους δοκιμάστηκε όταν ο Βόλτα επέμενε, μέσα από εργασίες δημοσιευμένες το 1792 και το 1793, ότι οι συσπάσεις προκαλούνταν από ένα εξωτερικό ηλεκτρικό ρεύμα και πως, στην περίπτωση των οργάνων, ο ηλεκτρισμός είχε δημιουργηθεί από μια αντίδραση ανάμεσα στα δύο μέταλλα. Για να υποστηρίξει τη θεωρία του ο Βόλτα πειραματίστηκε με πολλούς συνδυασμούς μετάλλων για να δει αν ήταν σε θέση να

δημιουργήσουν ηλεκτρικό ρεύμα. Ακουμπούσε τη γλώσσα του στους ακροδέκτες για να εκτιμήσει την ισχύ του παραγόμενου ρεύματος και μέσω αυτού συνειδητοποίησε ότι το σάλιο του συνέβαλλε στο προκαλούμενο αποτέλεσμα. Έτσι πειραματίστηκε με πλάκες διαφόρων μετάλλων σε μείγματα υγρών. Το 1800 κατασκεύασε τη «βολταϊκή στήλη», την πρώτη στον κόσμο υγρή μπαταρία, η οποία αποτελούνταν από αλληπάλληλους δίσκους αργύρου και ψευδαργύρου που τους περιέβαλλαν στρώσεις πεπιεσμένου χαρτιού εμποτισμένου με αλατόνερο.

Το 1801 ο Βόλτα προσκλήθηκε στο Παρίσι για να επιδείξει τη συσκευή του στον Ναπολέοντα, ο οποίος εντυπωσιάστηκε τόσο, που του απένειμε τον τίτλο του κόμη και τον έκανε μέλος της Λεγεώνας της Τιμής.

Η ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΕΙΑ Το Μάρτιο του 1800 ο Βόλτα έστειλε μια επιστολή στον σερ Τζόζεφ Μπανκς, πρόεδρο της Βασιλικής Εταιρείας, που συνοδευόταν από ένα σχέδιο της νέας εφεύρεσής του. Η είδηση για την επιστολή έφτασε στα αυτιά ενός μηχανικού φραγμάτων ο οποίος είχε εξελιχθεί σε δημοφιλή συγγραφέα επιστημονικών κειμένων: του Ουίλιαμ Νίκολσον. Αυτός ξεκίνησε άμεσα να κατασκευάσει μια δική του βολταϊκή στήλη. Σε ένα από τα πειράματά του με τη νέα συσκευή βύθισε τα σύρματα που ξεκινούσαν από αυτή μέσα στο νερό. Ανακάλυψε ότι, όποτε υπήρχε ροή ρεύματος, δημιουργούνταν φυσαλίδες αερίου. Ήταν φυσαλίδες δύο αερίων, υδρογόνου και οξυγόνου, και ο Νίκολσον συνειδητοποίησε ότι στην ουσία είχε αντιστρέψει τη διαδικασία που υπέδειξε ο Κάβεντις πριν από δεκαεπτά χρόνια, όπου παρήγαγε νερό καίγοντας υδρογόνο παρουσία οξυγόνου. Με τη σημερινή

ορολογία, είχε κάνει ηλεκτρόλυση του νερού. Ήταν η πρώτη επίδειξη κατά την οποία ηλεκτρικό ρεύμα μπορούσε να προκαλέσει μια χημική αντίδραση.

Ο Νίκολσον ήταν εκδότης ενός περιοδικού χημείας· δίχως να χάσει χρόνο, δημοσίευσε ένα άρθρο με την ανακάλυψή του, η οποία έγινε γνωστή στον κόσμο προτού προλάβει ο Βόλτα να ανακοινώσει τη δική του εφεύρεση. Η παρουσίαση του Νίκολσον για το πώς μπορούσαν να σημειωθούν χημικές αντιδράσεις με τη βοήθεια του ηλεκτρικού ρεύματος, σε συνδυασμό με την ανακάλυψη του Βόλτα ότι χρησιμοποιώντας χημικά μέσα μπορούσε να δημιουργήσει ηλεκτρικό ρεύμα, σηματοδότησαν τη γέννηση της *ηλεκτροχημείας*.

Ο ΧΑΜΦΡΙ ΝΤΕΪΒΙ Στις αρχές του δέκατου ένατου αιώνα η οδός Αλμπεμάρλε, λίγο πιο πέρα από την πλατεία Πικαντίλι του Λονδίνου, υπήρξε η πρώτη οδός της πόλης που έγινε μονόδρομος. Ο λόγος για τον οποίο έγινε αυτή η ενέργεια ήταν ο συνωστισμός από τις άμαξες, φαινόμενο που παρατηρούνταν όποτε το Βασιλικό Ίδρυμα (Royal Institution) φιλοξενούσε μια από τις επιστημονικές διαλέξεις του. Το Βασιλικό Ίδρυμα –ένας ιδιωτικός, μη κερδοσκοπικός φορέας– ιδρύθηκε το 1800 από έναν πλούσιο ερασιτέχνη επιστήμονα και μερικώς απασχολούμενο κατάσκοπο, τον Μπέντζαμιν Τόμπσον, κόμη του Ράμφορντ. Σκοπός του ήταν να προωθήσει και να υποστηρίξει την επιστημονική εκπαίδευση και έρευνα, καθώς και τη διάδοση της επιστημονικής γνώσης. Ο Τόμπσον εξόπλισε το Βασιλικό Ίνστιτούτο με ωραίες εγκαταστάσεις στην οδό Αλμπεμάρλε· σε αυτές περιλαμβάνονταν ένα αμφιθέατρο διαλέξεων ιδιαίτερης κομψότητας, το οποίο χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα για τον ίδιο σκοπό. Έπειτα από λίγο

καιρό αναχώρησε για το Παρίσι, όπου σύναψε ερωτικό δεσμό με τη χήρα του Λαβουαζιέ. Μα προτού αναχωρήσει, πήρε την εμπνευσμένη απόφαση να προσκαλέσει ένα νεαρό από την Κορνούαλη, τον Χάμφρι Ντέιβι, να αναλάβει βοηθός λέκτορα του Ίνστιτούτου.

Ο Ντέιβι γεννήθηκε στο Πενζάνς της Κορνούαλης το 1778. Ήταν γιος ξυλογλύπτη και στην ουσία αυτοδίδακτος. Σε ηλικία 19 ετών διάβασε το έργο *Στοιχειώδης πραγματεία* του Λαβουαζιέ και αυτό τον οδήγησε σε μια εφ' όρου ζωής ερωτική σχέση με τη χημεία. Όταν ο Ράμφορντ προσκάλεσε τον Ντέιβι να δώσει διάλεξη στο Βασιλικό Ίνστιτούτο, εκείνος εργαζόταν ως ιατρικός επόπτης σε ένα πολυτελές υδροθεραπευτήριο του Μπρίστολ. Μέσα σε ένα χρόνο ο καθηγητής χημείας πέθανε και ο Ντέιβι διορίστηκε στη θέση του. Εκείνη την εποχή ήταν ένας όμορφος σγουρομάλλης 23χρονος νέος και ήδη πολύ προικισμένος ομιλητής. Ο πυρετός που προκαλούσαν οι διαλέξεις του ήταν ο υπαίτιος για τα κυκλοφοριακά προβλήματα στο δρόμο όπου βρισκόταν το Ίνστιτούτο. Ο όχι και τόσο επιστημονικός χαρακτήρας των δημόσιων εμφανίσεών του αποτυπώνεται στο σχόλιο μιας ευγενούς λαίδης της εποχής: «Αυτά τα μάτια έγιναν και για άλλα πράγματα εκτός από το να κοιτούν μέσα σε δοκιμαστικούς σωλήνες».

Ο Ντέιβι, μόλις πληροφορήθηκε το έργο του Βόλτα και του Νίκολσον, έδειξε έντονο ενδιαφέρον για το θέμα της ηλεκτρόλυσης. Πολλοί επιστήμονες της εποχής υποπτεύονταν ότι συνήθεις ουσίες όπως η μαγνησία, η ποτάσα και η σόδα περιείχαν μεταλλικά στοιχεία που δεν είχαν ακόμα εντοπιστεί. Ο Ντέιβι κατασκεύασε μια πανίσχυρη μπαταρία που περιελάμβανε περισσότερες από 250 μεταλλικές πλάκες

και διοχέτευσε ρεύμα μέσα από διαλύματα σε όλες αυτές. Από την ποτάσα πήρε ένα μέταλλο άγνωστο μέχρι τότε, το οποίο φλεγόταν μόλις ερχόταν σε επαφή με το νερό. Αυτό το ονόμασε κάλιο. Μία εβδομάδα αργότερα πήρε ένα άλλο μέταλλο από τη σόδα, το οποίο ονόμασε νάτριο. Τον επόμενο χρόνο κατάφερε να απομονώσει άλλα τέσσερα νέα στοιχεία: το βάριο, το στρόντιο, το ασβέστιο και το μαγνήσιο.

Το επίτευγμα του Ντέιβι να απομονώσει το κάλιο έκανε την κοινωνία του Λονδίνου να ξεσπάσει σε μια φρενίτιδα λατρείας απέναντι στο πρόσωπό του σαν να επρόκειτο για ήρωα. Ο ενθουσιασμός από τις διαλέξεις του ήταν τέτοιος, που κάποια στιγμή τα εισιτήρια για τις διαλέξεις του άλλαξαν χέρια για 20 λίρες Αγγλίας, δηλαδή πάνω από 1.000 λίρες ή περίπου 1.400 ευρώ με σημερινά δεδομένα. Το 1815 η καριέρα του έφτασε στο ζενίθ της με την εφεύρεση της «λυχνίας Ντέιβι», η οποία έδωσε τη δυνατότητα στους ανθρακωρύχους να εργάζονται με ασφάλεια παρά την παρουσία του επικίνδυνου αερίου μεθανίου. Έγινε πλούσιος και διάσημος, πρόεδρος της Βασιλικής Εταιρείας και εθνικός θησαυρός, ενώ ένα μόνο πράγμα αμαύρωνε τον ενθουσιασμό του: η ζήλια του για τον Μάικλ Φάραντνι, ο οποίος ήταν η πιο σημαντική του ανακάλυψη και ο διάδοχός του στο Βασιλικό Ινστιτούτο.

ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η ΗΛΙΚΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ; Στις αρχές του δέκατου ένατου αιώνα η γεωλογία βρισκόταν στην πρώτη γραμμή της επιστήμης. Καθώς η κατανόηση των θεμάτων που αφορούσαν τη διαδοχή και τη σύνθεση των πετρωμάτων αυξανόταν και καθώς όλο και πιο πολλά απολιθώματα έρχονταν στο φως, το ερώτημα για την πραγματική ηλικία της Γης αποτέλεσε θέμα έντονης συζήτησης. Η ηλικία των 6.000

ετών που υπολογιζόταν έμμεσα από τη μελέτη των βιβλικών κειμένων άρχισε να φαντάζει όλο και λιγότερο πιστευτή, και οι επιστήμονες βρέθηκαν να μελετούν το ενδεχόμενο η ιστορία της Γης να ξεκινούσε πολύ νωρίτερα από όσο είχε υποτεθεί. Εντούτοις, μία από τις πιο εντυπωσιακές εκτιμήσεις που παρουσιάστηκαν προερχόταν από κάποιον που δεν ήταν γεωλόγος, αλλά μαθηματικός.

Ο Ζαν-Μπατίστ Ζοζέφ Φουριέ γεννήθηκε στην Οσέρ της Γαλλίας το 1768. Ήταν γιος ράφτη, αλλά έμεινε ορφανός προτού γίνει οκτώ χρόνων. Έπαιξε ένα μικρό ρόλο στη Γαλλική Επανάσταση και λίγο έλειψε να βρεθεί στην γκιλοτίνα. Φιλοδοξούσε να γίνει αξιωματικός του Πυροβολικού, αλλά δεν ήταν δυνατό να κάνει πράξη τη φιλοδοξία του λόγω της ταπεινής καταγωγής του. Ωστόσο, χάρη στην επιρροή του επισκόπου του, κατάφερε να φοιτήσει στη Στρατιωτική Ακαδημία της Οσέρ. Μόλις αποφοίτησε του πρότειναν να εργαστεί ως καθηγητής. Όταν το 1795 ιδρύθηκε στο Παρίσι η σχολή Εκόλ Νορμάλ, έγινε λέκτορας και η επιτυχία του σε αυτή τη θέση είχε ως αποτέλεσμα να διοριστεί καθηγητής ανάλυσης στην Πολυτεχνική Σχολή.

Το 1798 συνόδευσε τον Ναπολέοντα στην Αίγυπτο και έγινε κυβερνήτης μιας περιοχής της χώρας. Μετά την πτώση του Ναπολέοντα, ο Φουριέ όχι μόνο επέζησε, αλλά και απέκτησε νέες τιμές από την αποκατασταθείσα δυναστεία των Βουρβόνων. Το 1822 διορίστηκε γραμματέας της Ακαδημίας Επιστημών μαζί με τον ανατόμο Κουβιέ.

Το ιδιαίτερο ενδιαφέρον του Φουριέ εστιαζόταν στον τρόπο με τον οποίο η θερμότητα μεταδιδόταν από το ένα σώμα σε ένα άλλο. Το θέμα αυτό ήταν περίπλοκο και ελάχιστα κατανοητό αφού είχε να κάνει όχι μόνο με τη διαφορά

θερμοκρασίας ανάμεσα στα δύο σώματα αλλά και με το σχήμα και τη σύστασή τους. Ο Φουριέ επιστράτευσε τις άριστες μαθηματικές γνώσεις του για να λύσει το πρόβλημα και το 1807 δημοσίευσε αυτό που είναι σήμερα γνωστό ως «θεώρημα του Φουριέ». Αυτό τον έκανε αμέσως διάσημο και αναγνωρίζοντας το επίτευγμά του ο Ναπολέοντας του απένειμε το 1808 τον τίτλο του βαρόνου.

Αυτό που έδειξε ο Φουριέ ήταν ότι μια σύνθετη περιοδική διακύμανση, στην οποία μια δεδομένη κατάσταση επανέρχεται τακτικά στην προηγούμενή της, μπορούσε να αναλυθεί σε μια σειρά απλών, αλληπάλληλων διακυμάνσεων, που θα μπορούσαν να συνδυαστούν εκ νέου για να δώσουν την αρχικώς παρατηρηθείσα περιοδικότητα και πως ολόκληρη η διαδικασία θα μπορούσε να συνοψιστεί με τη μορφή μιας μαθηματικής σειράς.

Το 1822 εξέδωσε το βιβλίο του με τίτλο *Αναλυτική θεωρία της θερμότητας*, το οποίο παραμένει ως σήμερα ένα από τα αριστουργήματα της επιστήμης του δέκατου ένατου αιώνα. Σε αυτό εφάρμοσε τις μαθηματικές ανακαλύψεις του στο θέμα που ανέκαθεν τον γοήτευε: τη μετάδοση θερμότητας από ένα σώμα σε ένα άλλο. Ένα πρόβλημα στο οποίο έστρεψε την προσοχή του ήταν το ερώτημα του πόσο χρόνο θα είχε χρειαστεί η Γη για να ψυχθεί και να πάρει τη θερμοκρασία που έχει σήμερα. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του, η Γη πρέπει να άρχισε να χάνει θερμότητα πριν από 100 εκατομμύρια χρόνια. Αυτό είναι μόλις το ένα πεντηκοστό της εκτίμησης που είναι αποδεκτή σήμερα. Ωστόσο ήταν μια εκτίμηση πολύ μεγαλύτερη από όσες είχαν ακούσει οι σύγχρονοί του, μερικοί από τους οποίους προσπαθούσαν ακόμα να συμβιβαστούν με τον αριθμό των 75.000

ετών που είχε τολμήσει να αναφέρει ο Γάλλος φυσιοδίφης Μπιφόν ογδόντα χρόνια νωρίτερα.

Το θεώρημα του Φουριέ έθεσε τα θεμέλια για ένα νέο τομέα των μαθηματικών, την *αρμονική ανάλυση*, η οποία εφαρμόζεται σε ένα ευρύ φάσμα περιπτώσεων όπου περίπλοκες διαδικασίες πρέπει να αναλυθούν στα μέρη που τις συνιστούν ώστε να γίνει δυνατή η ένταξή τους σε μοντέλα και να υπολογιστεί το μελλοντικό αποτέλεσμά τους. Χρησιμοποιείται στην ανάλυση των ηχητικών κυμάτων και των μουσικών αρμονικών, στη μελέτη των μεταβλητών αστερών, στον ανταγωνισμό ανάμεσα στα είδη των ζώων και στη μελέτη των μακροχρόνιων κλιματικών αλλαγών, δηλαδή οπουδήποτε υπάρχουν περιοδικά και κυματοειδή φαινόμενα.

Ο ΦΟΥΡΙΕ ΚΑΙ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Ο όρος «φαινόμενο του θερμοκηπίου» θυμίζει κάτι το σύγχρονο, αλλά στην ουσία υπάρχει εδώ και 200 χρόνια και τον χρησιμοποίησε πρώτος ο Φουριέ.

Αφού δημοσίευσε το έργο του με τίτλο *Αναλυτική θεωρία της θερμότητας*, με τη μελέτη του για τις διαδικασίες ψύξης του σώματος της Γης, ο Φουριέ έστρεψε την προσοχή του στα αέρια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα και τη μετάδοση θερμότητας μέσα σε αυτά και διαμέσου αυτών. Έδωσε μια ερμηνεία για το λόγο που οι διακυμάνσεις ανάμεσα στη θερμοκρασία της ημέρας και της νύχτας ήταν τόσο μικρές. Επίσης μελέτησε τις διαδικασίες που θα είχαν δημιουργήσει ένα κλίμα στο οποίο θα μπορούσε να αναπτυχθεί πανίδα και ανθρώπινη ζωή.

Αυτό που πρότεινε ο Φουριέ ήταν ότι η ατμόσφαιρα της Γης ενεργούσε ως μονωτικό υλικό που επιβράδυνε το ρυθ-

μό με τον οποίο η θερμότητα ακτινοβολούνταν στο Διαστήμα στη διάρκεια της νύχτας και συνεπώς μείωνε τη διαφορά ανάμεσα στη θερμοκρασία της ημέρας και της νύχτας. Το φαινόμενο αυτό είχε επίσης παρόμοιο αντίκτυπο στη μείωση του εύρους των θερινών και των χειμερινών θερμοκρασιών. Αυτό συγκεκριμένα αποκάλεσε εκείνος «φαινόμενο του θερμοκηπίου».

Ο Φουριέ δημιούργησε επίσης κι ένα δικό του «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Ανέπτυξε μια θανάσιμη εμμονή με τη διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματός του. Φρόντιζε να είναι το σπίτι του υπερβολικά ζεστό και κυκλοφορούσε ντυμένος με στρώσεις ολόκληρες από βαριά ρούχα. Δε θα μάθουμε ποτέ αν αυτό συνέβαλε στην παράταση της ζωής του, δεδομένου ότι πέθανε πέφτοντας από τη σκάλα σε ηλικία 62 ετών.

Ο ΜΠΕΡΣΕΛΙΟΥΣ ΚΑΙ ΤΑ ΧΗΜΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ Η συμβουλή «πάντοτε να αποσύρεσαι όταν είσαι στην κορυφή» ισχύει στην επιστήμη αλλά και σε κάθε άλλο τομέα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Σίγουρα θα υπήρχαν μερικοί επιφανείς επιστήμονες για τους οποίους ο κόσμος θα διατηρούσε καλύτερες αναμνήσεις, αν είχαν κάνει πράξη αυτή τη συμβουλή. Οι νέοι που επεκτείνουν τα όρια της επιστήμης τους μερικές φορές γίνονται εμπόδιο στην πρόοδο όταν φτάσουν σε μεγάλη ηλικία. Αναμφίβολα το ίδιο θα ίσχυε και για τις γυναίκες, αν τους δινόταν ποτέ η ευκαιρία να παίξουν πρωταγωνιστικό ρόλο.

Στη δεκαετία του 1830 και του 1840 ο Σουηδός Γενς Γιάκομπ Μπερσέλιους δέσποζε στο χώρο της χημείας σαν κολλοσσός, για να χρησιμοποιήσουμε τη φράση του Σαίξπηρ. Η

φήμη του ήταν τόσο μεγάλη, που γινόταν δεκτό ό,τι κι αν έλεγε. Αν έκανε λάθος, όπως συνέβαινε συχνά, ισοδυναμούσε με μία ακόμα καθυστέρηση για την επιστήμη. Όταν πέθανε το 1848, ένα βάρος έφυγε από τους ώμους των νεότερων επιστημόνων της εποχής. Κι όμως αυτός ο Μπερσέλιους ήταν κάποτε καινοτόμος. Ήταν ένας από αυτούς που έθεσαν τα θεμέλια της σύγχρονης χημείας και στην ηλικία των 30 και κάτι έδωσε στους χημικούς τον κώδικα που χρησιμοποιούν έκτοτε.

Ο Μπερσέλιους γεννήθηκε στο Βοβερσούντα του Σέργκορντ, κοντά στο Λινκόπινγκ της νότιας Σουηδίας, το 1779. Ο πατέρας του, ο οποίος ήταν κληρικός, πέθανε όταν ο Μπερσέλιους ήταν τεσσάρων χρόνων, ενώ η μητέρα του πέθανε όταν εκείνος ήταν οκτώ ετών. Όμως στάθηκε τυχερός που και ο θετός πατέρας του ήταν κληρικός και τον ενθάρρυνε να συνεχίσει τις σπουδές του. Ωστόσο, ο θετός πατέρας του ήταν αρκετά φειδωλός σε ό,τι είχε να κάνει με χρηματικά θέματα· έτσι, τα χρόνια που ο Μπερσέλιους σπούδαζε χημεία και ιατρική στο πανεπιστήμιο της Ουψάλα πέρασε διάφορες κακουχίες, τις οποίες μετρίαζε παραδίδοντας ιδιαίτερα μαθήματα. Το 1802 πήρε το πτυχίο του γιατρού και διορίστηκε αναπληρωτής καθηγητής χημείας και φαρμακολογίας στη Στοκχόλμη. Αργότερα έγινε καθηγητής χημείας στο Καρόλαιο Ινστιτούτο Χημείας και Χειρουργικής της πόλης.

Ο Μπερσέλιους ήταν οπαδός της ατομικής θεωρίας του Ντάλτον. Το 1807, σε ηλικία 28 ετών, ξεκίνησε ένα εκτεταμένο πρόγραμμα ερευνών που στόχευε στην εξερεύνηση της σύστασης των χημικών ενώσεων και στον υπολογισμό του ατομικού βάρους των στοιχείων που τις αποτελούσαν. Μέσα στα επόμενα δέκα χρόνια ανέλυσε περισσότερες από 2.000 ενώσεις, ενώ το 1818 δημοσίευσε έναν εντυπωσιακά ακριβή

πίνακα με τα ατομικά βάρη, που έδειχνε τις αναλογίες με τις οποίες συνδυάζονταν τα στοιχεία και τον οποίο βελτίωσε σε μια δεύτερη έκδοση που κυκλοφόρησε το 1826. Ο Μπερσέλιους ποτέ δεν κατόρθωσε να αποσαφηνίσει μέσα στο μυαλό του τη διαφορά ανάμεσα στα άτομα και τα μόρια.

Την εποχή που ασχολιόταν με αυτές τις έρευνες, οι χημικοί αντιμετώπιζαν σοβαρό πρόβλημα με την περίπλοκη γλώσσα των συμβόλων. Ήταν μια γλώσσα που είχε προκύψει από την αλχημεία και η οποία μπέρδευε περισσότερο παρά αποσαφηνίζει την πραγματικότητα των χημικών αντιδράσεων. Ο Ντάλτον είχε προσπαθήσει να κάνει κάποιες βελτιώσεις. Όμως τα σύμβολά του ήταν εικόνες και πολύ περίπλοκα. Οι χημικοί, μη έχοντας ένα αποτελεσματικό σύστημα χημικών συμβόλων, βρίσκονταν λίγο-πολύ στην ίδια θέση με τους μαθηματικούς την εποχή που έλυναν προβλήματα με τη ρωμαϊκή αρίθμηση.

Ο Μπερσέλιους έκανε αυτό το πρόβλημα παρελθόν δίνοντας στη χημεία τη γλώσσα των συμβόλων η οποία με μικρές αλλαγές χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα. Παράλληλα κέρδισε την απέραντη ευγνωμοσύνη των τυπογράφων που τύπωναν τα βιβλία. Το σύστημά του είχε δύο χαρακτηριστικά που έβαζαν σε τάξη την περιγραφή των αντιδράσεων και βοηθούσε σημαντικά τη θεωρία σε σχέση με την πραγματικότητα. Πρώτον, εγκατέλειψε τη χρήση του πλήρους ονόματος των στοιχείων και το αντικατέστησε με το πρώτο γράμμα ή τα δύο πρώτα γράμματα από τη λατινική ονομασία του στοιχείου. Ο χαλκός (στα λατινικά *cuprum*) συμβολιζόταν με Cu και ο χρυσός (*aurum*) με Au. Δεύτερον, συνέλαβε τη φαινή ιδέα να περιγράφει τις ενώσεις με συνδυασμό των συμβόλων των μεμονωμένων στοιχείων από τα οποία ήταν

φτιαγμένες. Ο θειικός ψευδάργυρος συμβολιζόταν με ZnS. Ήταν ένα απλό σύστημα που σήμερα πια φαντάζει προφανές. Όπως όμως και το άλλο σύστημα με τα ευρύτατα διαδεδομένα σύμβολα, τους αραβικούς αριθμούς, δεν ήταν καθόλου προφανές μέχρι τη στιγμή που εφευρέθηκε.

Σε μεγάλη πλέον ηλικία ο Μπερσέλιους αντιμετώπισε προβλήματα υγείας, αλλά όπου πήγαινε τον παρουσίαζαν ως πολύ ακμαίο άτομο. Το 1835, στην ώριμη ηλικία των 56 ετών, εγκατέλειψε την εργένικη ζωή και παντρεύτηκε μια όμορφη γυναίκα 24 χρόνων, κόρη ενός παλιού φίλου του, η οποία του χάρισε δέκα χρόνια μεγάλης ευτυχίας.

ΟΙ ΧΗΜΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ Μία πτυχή των χημικών συμβολισμών που δημιούργησε στον Μπερσέλιους κάποιο πρόβλημα ήταν το πώς να δείχνει τη διαφορά ανάμεσα στις ενώσεις των ίδιων στοιχείων. Ένα μόριο *μονοξειδίου* του άνθρακα αποτελείται από ένα άτομο άνθρακα και ένα άτομο οξυγόνου, ενώ ένα μόριο *διοξειδίου* του άνθρακα περιλαμβάνει ένα άτομο άνθρακα και δύο άτομα οξυγόνου. Αρχικά χρησιμοποιούσε μικρές κουκκίδες για να δείξει τη διαφορά. Στη συνέχεια δοκίμασε τα αλγεβρικά σύμβολα. Η τελευταία λύση που δοκίμασε ήταν οι *εκθέτες*, δηλαδή μικροί αριθμοί πάνω από το σύμβολο των στοιχείων. Δύο Γερμανοί χημικοί, ο Λίμπιχ και ο Πόγκεντορφ, αργότερα άλλαξαν αυτούς τους εκθέτες σε *δείκτες* και έτσι προέκυψε ο συμβολισμός που χρησιμοποιούμε σήμερα. Έτσι το μονοξείδιο του άνθρακα γράφεται CO και το διοξείδιο του άνθρακα γράφεται CO₂.

Ο ΦΡΑΟΥΝΧΟΦΕΡ ΚΑΙ ΟΙ ΓΡΑΜΜΕΣ ΤΟΥ Στις αρχές του δέκατου ένατου αιώνα οι αστέρες ήταν ακόμα μυστηριώδη

αντικείμενα. Η απόστασή τους είχε υπολογιστεί, το πλήθος τους είχε μετρηθεί, και η μάζα και οι κινήσεις τους είχαν μελετηθεί. Παρ' όλα αυτά συνέχιζαν να είναι φωτεινά σημεία των οποίων ο πραγματικός χαρακτήρας ήταν άγνωστος. Το τηλεσκόπιο είχε αυξήσει σημαντικά τη γνώση της ανθρωπότητας γύρω από τα ουράνια σώματα. Ωστόσο, γνώση και κατανόηση δεν είναι το ίδιο πράγμα. Όσο οι αστρονόμοι είχαν μόνο το τηλεσκόπιο ως βοήθειά τους, ήταν σαν ξένοι σε μια μεγάλη πόλη, που γνώριζαν τον αριθμό, τα ονόματα και το παρουσιαστικό των γειτόνων τους, αλλά δεν μπορούσαν να μιλήσουν τη γλώσσα τους. Χωρίς τη νέα τεχνολογία η αστρονομία του δέκατου ένατου αιώνα θα ήταν λίγο-πολύ όπως πρώτα: θα εντοπίζονταν περισσότεροι αστέρες, θα βρίσκονταν μεγαλύτερες αποστάσεις, αλλά δε θα έρχονταν ποτέ στο φως περισσότερες πληροφορίες. Στην αρχή του αιώνα, όμως, αναπτύχθηκε ένα νέο εργαλείο και χάρη σε αυτό μεταμορφώθηκε η αστρονομία. Το εργαλείο αυτό ήταν το φασματοσκόπιο και εκείνος που το εφεύρε ήταν ένας Γερμανός οπτικός, ο Γιόζεφ φον Φράουνχοφερ.

Ο Φράουνχοφερ γεννήθηκε στο Στράουμπινγκ της Βαυαρίας το 1787. Ο πατέρας του ήταν υαλοτεχνίτης και ο Φράουνχοφερ –το μικρότερο από έντεκα αδέρφια– έμεινε ορφανός σε ηλικία 11 ετών. Στα 14 του ήταν ο μόνος που κατάφερε να επιβιώσει όταν κατέρρευσε το οίκημα στο οποίο διέμεναν. Ο εκλέκτορας της Βαυαρίας, ο Μαξιμιλιανός Α', μόλις πληροφορήθηκε αυτό το πλήγμα της μοίρας, του έδωσε 18 δουκάτα, τα οποία ο Φράουνχοφερ αξιοποίησε για να μάθει την τέχνη του οπτικού. Όντας αυτοδίδακτος, σπούδασε τις οπτικές ιδιότητες των διαφόρων ειδών γυαλιού και έγινε άριστος γνώστης της τέχνης της κατασκευής οπτικών

οργάνων και προϊστάμενος του Οπτικού Ινστιτούτου Ουντ-σνάντερ του Μονάχου.

Η μελέτη του φάσματος του ορατού φωτός είχε απασχολήσει τους επιστήμονες από την εποχή που ο Νεύτωνας το είχε αναλύσει στα χρώματα που το συνιστούν, περίπου έναν αιώνα νωρίτερα. Οι φακοί και τα πρίσματα που κατασκεύαζε ο Φράουνχοφερ ήταν ανώτερα από εκείνα που μπορούσε να κατασκευάζει ο Νεύτωνας. Το 1814 χρησιμοποίησε ένα τηλεσκόπιο σε συνδυασμό με ένα πρίσμα σε ένα όργανο ακριβείας που εφεύρε ο ίδιος: το *φασματόμετρο πρίσματος*. Με τη βοήθειά του, στο διάστημα 1814-1817 έκανε μια σειρά από ανακαλύψεις που είχαν διαφύγει του Νεύτωνα. Ειδικότερα, ανακάλυψε ότι το φάσμα δεν περιείχε μόνο περιοχές διαφόρων χρωμάτων, αλλά και μερικές λεπτές μαύρες γραμμές. Οι περιοχές χρωμάτων παρίσταναν τα μήκη κύματος του φωτός που υπήρχαν στο φάσμα. Οι σκούρες γραμμές παρίσταναν μήκη κύματος που δεν υπήρχαν. Μέτρησε 600 τέτοια –που σήμερα είναι γνωστά ως «γραμμές Φράουνχοφερ»– και τα περιέλαβε σε ένα διάγραμμα στο οποίο τα πιο έντονα, αρχής γενομένης από το ερυθρό άκρο του φάσματος, ονομάστηκαν Α, Β, Γ κ.ο.κ. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα. Ανακάλυψε ότι οι γραμμές που παρατηρούνταν στο ανακλώμενο ηλιακό φως από τη Σελήνη και τους πλανήτες καταλάμβαναν την ίδια θέση όπως και στο άμεσο ηλιακό φως. Επίσης κατάφερε να αναλύσει το φάσμα του φωτός που προερχόταν από έναν αστέρα και παρατήρησε ότι ορισμένες γραμμές που υπήρχαν στο ηλιακό φάσμα έλειπαν από το φάσμα του αστέρα. Αν ήταν ένας αναγνωρισμένος επιστήμονας, οι ανακαλύψεις του θα είχαν προκαλέσει θόρυβο. Εκείνος όμως ήταν ένας απλός χειρώνακτας και οι υπερόπτες του

ακαδημαϊκού χώρου δεν του επέτρεπαν να παρουσιάσει τα αποτελέσματά του σε μια κοινωνία μορφωμένων. Έπρεπε να περάσουν άλλα πενήντα χρόνια για να ασχοληθούν με τη δουλειά του και «ευγενείς».

ΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ ΚΙΡΧΟΦ Το έργο του Φράουνχοφερ έμελλε να έχει τεράστιες συνέπειες στη μελέτη της αστρονομίας ενώ παράλληλα προετοίμαζε το έδαφος για τη μετέπειτα φασματοσκοπική ανάλυση της ύλης σε ατομικό επίπεδο. Όμως το βασικό έργο για την αξιοποίηση των ανακαλύψεών του στη νέα επιστήμη το ανέλαβε ένας Γερμανός φυσικός, ο Γκούσταφ Κίρχοφ.

Ο Κίρχοφ, που ήταν γιος δικηγόρου, γεννήθηκε στην πρωσική πόλη Κένιγκσμπεργκ –σημερινό Καλίνινγκραντ, Ρωσία– το 1824 και φοίτησε στο εκεί πανεπιστήμιο. Διετέλεσε επί είκοσι χρόνια καθηγητής φυσικής στη Χαϊδελβέργη και δώδεκα χρόνια σε μια παρόμοια θέση στο Βερολίνο. Στη διάρκεια της σταδιοδρομίας του συνέβαλε σημαντικά με ποικίλους τρόπους στην ανάπτυξη της μαθηματικής και της πειραματικής φυσικής, και ειδικότερα σε σχέση με τη θεωρία της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Ήταν ο πρώτος που έδειξε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα κινείται με την ταχύτητα του φωτός.

Όταν ο Κίρχοφ μετακόμισε το 1854 στη Χαϊδελβέργη, γνωρίστηκε με κάποιο καθηγητή που τον έλεγαν Ρόμπερτ Μπούνσεν και ήταν δεκατρία χρόνια μεγαλύτερός του. Ο Μπούνσεν είχε ήδη μια, πολλάκις αποδεδειγμένα, λαμπρή καριέρα πίσω του. Οι πρώτες του έρευνες έγιναν στον τομέα της οργανικής χημείας. Μια έκρηξη που σημειώθηκε στη διάρκεια ενός πειράματος του στέρησε το ένα του μάτι, ενώ δύο φορές λίγο έλειψε να πεθάνει από δηλητηρίαση με αρσενικό.

Επόμενο ήταν να εγκαταλείψει αργότερα την οργανική χημεία και να μην επιτρέψει να διδάσκεται στο τμήμα του. Τα ενδιαφέροντά του για την ανόργανη χημεία ήταν πολύπλευρα και ήταν υπεύθυνος για πολλές εφευρέσεις, από τις οποίες η πιο γνωστή είναι ο λύχνος Μπούνσεν.

Στα πενήντα χρόνια που μεσολάβησαν από την εποχή που ο Φράουνχοφερ χαρτογράφησε τις γραμμές του, είχε γίνει σαφές ότι ορισμένες γραμμές συνδέονταν με συγκεκριμένα στοιχεία. Αν ένα στοιχείο υπήρχε σε μια πηγή φωτός, εμφανιζόταν με τη μορφή μιας σειράς φωτεινών γραμμών – των *γραμμών εκπομπής*– σε συγκεκριμένα τμήματα του φάσματος. Αν δεν υπήρχε κάποιο στοιχείο, η απουσία του σημειωνόταν με σκούρες γραμμές, τις *γραμμές απορρόφησης*. Τώρα οι φυσικοί είχαν στη διάθεσή τους ένα εργαλείο για να αναλύουν πυρακτωμένα υλικά, τόσο εντός εργαστηρίου όσο και σε απομακρυσμένες, απροσπέλαστες πηγές.

Χρησιμοποιώντας τον νέο λύχνο του Μπούνσεν, ο οποίος είχε το πλεονέκτημα ότι παρήγαγε ελάχιστο δικό του φως, ο Κίρχοφ θέρμανε μια σειρά από υλικά μέχρι να πυρακτωθούν και κατάφερε να «ονοματίσει» τις γραμμές στο φάσμα τους με τα ονόματα των στοιχείων με τα οποία συνδέονταν, δημιουργώντας ένα είδος φασματοσκοπικού ραβδωτού κώδικα. Έχοντας εντοπίσει τις γραμμές που αφορούσαν τα γνωστά στοιχεία, ο ίδιος και ο Μπούνσεν ήταν σε θέση να εντοπίσουν άλλες γραμμές ως δείκτες της παρουσίας άγνωστων μέχρι τότε στοιχείων. Στις 10 Μαΐου 1860 ανακοίνωσαν την ανακάλυψη ενός νέου στοιχείου, του καισίου (*caesium*, από τη λατινική λέξη που σημαίνει «γαλανός ουρανός»), και τον επόμενο χρόνο ανακάλυψαν ένα δεύτερο στοιχείο το οποίο ονόμασαν ρουβίδιο (*rubidium*, που στα λατινικά σημαίνει «κόκκινο»).

Η πιο σημαντική ανακάλυψη του Κίρχοφ ήταν η εξής: αν διέλθει φως μέσα από κάποιο αέριο, το φάσμα που προκύπτει παρουσιάζει γραμμές απορρόφησης στην ίδια θέση με τις γραμμές εκπομπής που παρουσίαζε το αέριο όταν πυρακτωνόταν. Αυτό του έδωσε τη δυνατότητα να συμπεράνει την ύπαρξη νατρίου στην ατμόσφαιρα του Ήλιου, από τις γραμμές απορρόφησης που παρουσίαζε το φάσμα του. Χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο και άλλοι ερευνητές κατόρθωσαν να εντοπίσουν την παρουσία άλλων γήινων στοιχείων στην ατμόσφαιρα του Ήλιου.

Ένα άτομο που δεν εντυπωσιάστηκε από το επίτευγμα του Κίρχοφ ήταν ο τραπεζίτης του, ο οποίος ρώτησε: «Τι ωφελεί να γνωρίζουμε ότι υπάρχει χρυσάφι στον Ήλιο, αν δεν μπορούμε να το φέρουμε εδώ στη Γη;» Λίγο καιρό αργότερα ο Κίρχοφ πήρε την εκδίκησή του καθώς πήγε στην τράπεζα κρατώντας ένα σακούλι με χρυσά νομίσματα. Ήταν το έπαθλο που του είχε δώσει η βρετανική κυβέρνηση. Την ώρα που του το παρέδιδε, του είπε: «Ορίστε χρυσάφι από τον Ήλιο».

ΠΩΣ ΑΝΑΚΑΛΥΦΘΗΚΕ ΤΟ ΑΕΡΙΟ ΗΛΙΟΝ Ένας από τους πρώτους θριάμβους της εξωγήινης φασματοσκοπίας σημειώθηκε το 1868, όταν ανακαλύφθηκε ένα στοιχείο στην ατμόσφαιρα του Ήλιου που ήταν άγνωστο στη Γη. Αυτός που ήταν υπεύθυνος για την ανακάλυψή του ήταν ένας αστροφυσικός, ο Νόρμαν Λόκιερ, ο οποίος εκείνη την εποχή ανήκε στο επιτελείο της Βρετανικής Υπηρεσίας Πολέμου. Ο Λόκιερ διενεργούσε έρευνες σχετικά με τα ηλιακά εξάρματα (τις τεράστιες φλόγες που ξεπηδούν από την επιφάνεια του Ήλιου). Τον Οκτώβριο του 1868 παρατήρησε μια κίτρινη γραμμή στο

ηλιακό φάσμα η οποία διέφερε από τις γραμμές που είχε εντοπίσει παλιότερα με το νάτριο και δεν ταίριαζε με το φάσμα κανενός γνωστού στοιχείου. Τελικά συμπέρανε ότι η γραμμή ήταν απόδειξη ενός άγνωστου έως τότε στοιχείου, το οποίο ονόμασε ήλιον. Οι άλλοι χημικοί δεν το έλαβαν υπόψη τους αλλά είκοσι επτά χρόνια αργότερα, το 1895, ο Ουίλιαμ Ράμσι, καθηγητής χημείας στο Πανεπιστημιακό Κολλέγιο του Λονδίνου, κατάφερε να απομονώσει το αέριο του Λόκιερ από ένα δείγμα ραδιενεργού ορυκτού που ονομαζόταν κλεβεΐτης (cleveite). Ο Λόκιερ πρόλαβε και έζησε για να δει τη δικαίωση των ισχυρισμών του.

Στην πραγματικότητα, όμως, ο Ράμσι δεν ήταν ο πρώτος που παρατήρησε το ήλιον στο εργαστήριό. Ένας Αμερικανός γεωλόγος, ο Γ.Φ. Χίλεμπραντ, είχε επιτύχει παρόμοιο αποτέλεσμα τέσσερα χρόνια πριν από εκείνον, αλλά το απέδωσε σε κάποιο πρόβλημα της συσκευής του.

Ο ΜΑΪΚΛ ΦΑΡΑΝΤΕΪ Το 1812, δέκα περίπου χρόνια αφότου ο Χάμφρι Ντέιβι άρχισε τις διαλέξεις του στο Βασιλικό Ινστιτούτο, ένας 20χρονος βοηθός σε ένα βιβλιοδετείο της περιοχής πήρε ως δώρο εισιτήρια για τέσσερις από τις διαλέξεις του. Τον έλεγαν Μάικλ Φάραντεϊ. Ήταν ένα από τα δέκα παιδιά ενός σιδηρουργού και είχε γεννηθεί στο χωριό Νιούινγκτον, στις παρυφές του Λονδίνου. Μπορεί η επίσημη μόρφωσή του να ήταν ελάχιστη, αλλά από την ηλικία των 13 ετών, όταν άρχισε να εργάζεται ως βοηθός και με την ενθάρρυνση του καλοσυνάτου εργοδότη του, διάβαζε πάρα πολύ. Κατάφερε να αποκτήσει πολλές επιστημονικές γνώσεις από τα βιβλία που περνούσαν από τα χέρια του. Τα εισιτήρια για τις διαλέξεις του Ντέιβι ήταν δώρο από τον

πατέρα κάποιου φίλου του, ο οποίος είχε εντυπωσιαστεί από τις σημειώσεις που κρατούσε ο Φάραντεϊ διαβάζοντας επιστημονικά βιβλία.

Οι διαλέξεις αυτές άλλαξαν την πορεία της ζωής του Φάραντεϊ. Μερικούς μήνες αργότερα ο Ντέιβι υπέστη προσωρινή τύφλωση εξαιτίας ενός αποτυχημένου πειράματος και ο Φάραντεϊ κατόρθωσε να προσληφθεί ως προσωρινός γραμματέας του ενώ συνέχιζε να ασκεί την κανονική εργασία του. Μόλις ξεπεράστηκε το πρόβλημα, έστειλε μια επιστολή στον Ντέιβι και του ζητούσε να τον πάρει κοντά του ως πλήρους απασχόλησης βοηθό, υποστηρίζοντας την αίτησή του με τις βιβλιοδετημένες σημειώσεις που είχε κρατήσει από τις διαλέξεις τις οποίες παρακολούθησε νωρίτερα εκείνον το χρόνο. Η τύχη του χαμογέλασε. Λίγο καιρό αργότερα ο Ντέιβι απέλυσε το βοηθό του ύστερα από ένα διαπληκτισμό και τη θέση του την πήρε ο Φάραντεϊ.

Ως θέση ήταν πολύ ταπεινή, αφού πιο πολύ δουλειές του ποδαριού και κουβαλήματα έκανε, αλλά εργάστηκε σκληρά και σύντομα μπορούσε να εκτελεί ακόμα και τα πιο περίπλοκα χημικά πειράματα. Λίγο καιρό μετά το ξεκίνημα της συνεργασίας τους ο Ντέιβι έγινε σερ Χάμφρεϊ, παντρεύτηκε μια πλούσια χήρα και παραιτήθηκε από λέκτορας. Ο Φάραντεϊ τους συνόδευσε σε ένα μεγάλης διάρκειας ταξίδι στην ηπειρωτική Ευρώπη με την ιδιότητα του επιστημονικού βοηθού και του γενικού υπηρέτη. Το ταξίδι έγινε αφορμή να υποστεί πολλές ταπεινώσεις από την υπεροπτική νεαρή σύζυγο του Ντέιβι, αλλά παράλληλα τον βοήθησε να αποκτήσει και πανεπιστημιακές γνώσεις. Έμαθε γαλλικά και ιταλικά, και γνώρισε μεγάλους επιστήμονες. Μεταξύ άλλων γνώρισε στη Γαλλία τον χημικό Γκε-Λισάκ και τον φυσικό Αμπέρ, και στην

Ιταλία τον 70χρονο φυσικό Αλεσάντρο Βόλτα, ο οποίος εκείνη την εποχή βρισκόταν στο ζενίθ της δόξας του.

Ο ΦΑΡΑΝΤΕΪ ΚΑΙ Η ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ Συγκριτικά με πολλούς σπουδαίους ανθρώπους της επιστήμης, που το πιο σημαντικό έργο τους επιτεύχθηκε σε ηλικία 20 χρόνων και κάτι, ο Φάραντεϊ άργησε να βρει το δρόμο του. Σήμερα θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους επιστήμονες του δέκατου ένατου αιώνα και ως φυσικός ένας από τους σπουδαιότερους όλων των εποχών. Εντούτοις, αν πέθαινε στα 30 και κάτι, το όνομά του θα ήταν σχεδόν άγνωστο. Άργησε αρκετά να σπουδάσει, ενώ τα μαθηματικά, που ήταν το άλφα και το ωμέγα της επιστήμης του, ήταν πάντα ένα αντικείμενο που δεν τον συγκινούσε. Τη μειωμένη κλίση του στα μαθηματικά την αναπλήρωνε με το εντυπωσιακό χάρισμα να φαντάζεται φαινόμενα της φυσικής σαν να ήταν γεγονότα που διαδραματίζονταν μπροστά στα μάτια του. Αυτό το χάρισμά του θα τον οδηγούσε σε πολλές από τις πιο σημαντικές εμπνεύσεις του.

Μέσα σε μήνες από την επιστροφή του στο Βασιλικό Ινστιτούτο, πέτυχε την πρώτη αξιοσημείωτη επιτυχία του, όταν επινόησε μια μέθοδο με την οποία τα αέρια, όπως το χλώριο και το διοξείδιο του άνθρακα, μπορούσαν να υγροποιηθούν κάτω από πίεση. Δύο χρόνια μετά συνέβαλε σημαντικά στην ανάπτυξη της οργανικής χημείας, όταν ανακάλυψε το βενζόλιο, μια ένωση που αργότερα θα έπαιζε ρόλο-κλειδί στην ερμηνεία της μοριακής δομής.

Το 1825 έγινε διευθυντής του εργαστηρίου στο Βασιλικό Ινστιτούτο. Ξεκίνησε ένα πρόγραμμα έρευνας γύρω από την ηλεκτροχημεία, το θέμα με το οποίο είχε ασχοληθεί πρώτος ο

Ντέιβι. Ο Ντέιβι είχε απομονώσει έναν αριθμό μετάλλων διαχέτοντας ηλεκτρικό ρεύμα διαμέσου ενώσεων που τα περιείχαν. Ο Φάραντεϊ ονόμασε αυτή τη διαδικασία *ηλεκτρόλυση* και τα μεταλλικά ελάσματα που εισάγονταν στα διαλύματα τα ονόμασε *ηλεκτρόδια*. Το 1832 διατύπωσε τους *νόμους της ηλεκτρόλυσης*, που καθόρισαν για πρώτη φορά τη σχέση ανάμεσα στον ηλεκτρισμό και τις χημικές διαδικασίες, και εξέφρασε αυτή τη σχέση με ακριβείς ποσοτικούς όρους.

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ Ενώ διεξήγαγε έρευνα γύρω από τη σχέση ανάμεσα στον ηλεκτρισμό και τη χημεία, ο Φάραντεϊ ασχολήθηκε παράλληλα με τη σχέση ανάμεσα στον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό. Το ενδιαφέρον του είχε κεντριστεί, την εποχή που ήταν έφηβος, από ένα άρθρο της εγκυκλοπαίδειας *Μπριτάνικα*, το οποίο τον ενέπνευσε να κατασκευάσει μια σειρά από ηλεκτρικές συσκευές. Μία από αυτές ήταν η βολταϊκή στήλη, η μπαταρία που περιέγραψε ο Βόλτα το 1800.

Στις αρχές του δέκατου ένατου αιώνα πολλοί επιστήμονες υποπτεύονταν ότι μπορεί να υπήρχε μια σχέση ανάμεσα στο πρόσφατα ανακαλυφθέν φαινόμενο του ηλεκτρισμού και το πιο γνώριμο φαινόμενο του μαγνητισμού. Το 1820 ένας 42χρονος Δανός φυσικός, ο Χανς Κρίστιαν Έρστεντ, πυροδότησε τον σχετικό προβληματισμό περιγράφοντας ένα πείραμα που διεξήγαγε μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας: είχε πλησιάσει τη βελόνα μιας πυξίδας κοντά σε ένα σύρμα από το οποίο διερχόταν ηλεκτρικό ρεύμα.

Ο Έρστεντ ήταν καθηγητής φυσικής και χημείας στο πανεπιστήμιο της Κοπεγχάγης. Ήταν επιστήμονας με ένα ασυνήθιστα ευρύ φάσμα ενδιαφερόντων, ενώ πίστευε στη

θεμελιώδη ενότητα των φυσικών νόμων. Έχοντας ως βάση και έναυσμα αυτή την πεποίθησή του, κατέβαλε πολλές προσπάθειες για να βρει σχέσεις ανάμεσα στις χημικές και τις μαγνητικές δυνάμεις και το φως, και να δείξει ότι κατ' ουσίαν όλες ήταν ηλεκτρικής φύσεως.

Στο συγκεκριμένο πείραμα ο Έρστεντ ανακάλυψε ότι η βελόνα μιας πυξίδας απομακρυνόταν προς τα δεξιά σε σχέση με την κατεύθυνση που ακολουθούσε το διερχόμενο ηλεκτρικό ρεύμα και πως αν η φορά διέλευσης του ρεύματος αντιστρεφόταν, η βελόνα της πυξίδας στρεφόταν προς την αντίθετη κατεύθυνση κατά το ίδιο μέτρο. Η δημοσίευση αυτού του αποτελέσματος προκάλεσε αίσθηση. Ο Φάραντεϊ, μόλις άκουσε το πείραμα του Έρστεντ, άρχισε ένα πρόγραμμα περαιτέρω ερευνών που αποσκοπούσαν στο να αποσαφηνιστεί ο χαρακτήρας της σχέσης ανάμεσα στον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό. Επινόησε ένα πείραμα στο οποίο ένα κινητό σύρμα τυλιγόταν γύρω από ένα σταθερό μαγνήτη και ένας κινητός μαγνήτης ήταν σε θέση να περιστρέφεται γύρω από ένα σταθερό σύρμα. Όταν διερχόταν ρεύμα από τη συσκευή, ο κινητός μαγνήτης άρχιζε να περιστρέφεται γύρω από το σταθερό σύρμα και το κινητό σύρμα να περιστρέφεται γύρω από τον σταθερό μαγνήτη.

Στη συνέχεια ο Φάραντεϊ επεχείρησε να αντιστρέψει το πείραμα του Έρστεντ. Ο Έρστεντ είχε στην ουσία χρησιμοποιήσει ηλεκτρικό ρεύμα για να δημιουργήσει μαγνητική έλξη. Τώρα ο Φάραντεϊ αποφάσισε να εξακριβώσει αν ήταν δυνατό να χρησιμοποιήσει μαγνητικό πεδίο για να δημιουργήσει ηλεκτρικό ρεύμα. Τα κατάφερε και με αυτό τον τρόπο κατασκεύασε τον πρώτο μετασχηματιστή όλων των εποχών.

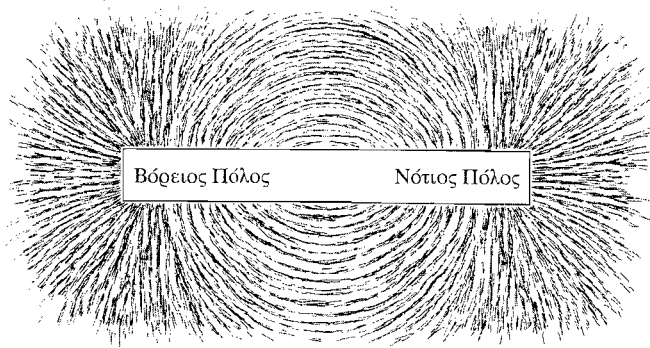
ΟΙ ΧΡΙΣΤΟΥΓΕΝΝΙΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΛΕΞΕΙΣ Αν και ήταν άτεκνοι, ο Φάραντεϊ και η σύζυγός του αγαπούσαν τα παιδιά· έτσι, το 1826 ο Φάραντεϊ ανήγγειλε μια σειρά από έξι διαλέξεις για παιδιά στην περίοδο των Χριστουγέννων. Τελικά σημείωσαν τεράστια επιτυχία και παράλληλα ξεκίνησαν μια παράδοση που συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Τότε, όπως και τώρα, στις διαλέξεις αυτές προβάλλονταν οι πιο πρόσφατες επιστημονικές ιδέες με λεξιλόγιο που θεωρούσε δεδομένη την ευφυΐα του ακροατηρίου και του έδινε τη δυνατότητα να απολαύσει τη γλυκιά ανατριχίλα της επιστημονικής ανακάλυψης στο πλευρό των πιο σπουδαιών επιστημόνων της εποχής. Μία από αυτές τις διαλέξεις, που είχε ως τίτλο *Η ιστορία ενός κεριού*, ήταν τόσο πετυχημένη, που ο Φάραντεϊ υποχρεώθηκε να την επαναλαμβάνει σε τακτά χρονικά διαστήματα και έτσι έγινε πάρα πολύ γνωστή.

Ένα χρόνο μετά την καθιέρωση αυτών των διαλέξεων του πρότειναν να γίνει καθηγητής χημείας στο πρόσφατα ιδρυθέν Πανεπιστημιακό Κολέγιο του Λονδίνου, αλλά η αφοσίωσή του στο Βασιλικό Ινστιτούτο, στο οποίο χρωστούσε πάρα πολλά, τον έκανε να απορρίψει την πρόταση. Του πρότειναν να του απονείμουν τον τίτλο του ιππότη, αλλά και πάλι αρνήθηκε. Μένοντας πιστός στις αρχές του μέχρι το τέλος παρέμεινε απλώς ο κύριος Μάικλ Φάραντεϊ. Όταν πέθανε, το 1867, τον έθαψαν σε έναν απλό τάφο στο κοιμητήριο του Χάιγκεϊτ.

ΤΑ ΠΕΔΙΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ Τα πειράματα του Φάραντεϊ με τον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό θα οδηγούσαν αργότερα στη δημιουργία της ηλεκτρικής γεννήτριας και του ηλεκτρικού μοτέρ. Κυριολεκτικά αυτές οι ανακαλύψεις αντι-

προσώπευαν τη στιγμή της σύλληψης του σύγχρονου κόσμου μας. Όμως είναι λάθος να κρίνουμε τη σπουδαιότητα του ερευνητικού έργου του με βάση την τεχνολογία στην οποία τελικά μας οδήγησε ή να διογκώνουμε τη συνεισφορά του στην ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας. Ο δρόμος από τα πειράματα αυτά στο υπόγειο του Βασιλικού Ινστιτούτου μέχρι τους σύγχρονους σταθμούς ενέργειας και τα ηλεκτρικά τρένα ήταν μακρύς και ανηφορικός. Το πέρασμα αυτό πραγματοποιήθηκε χάρη στις προσπάθειες ενός πλήθους από προικισμένους επιστήμονες και μηχανικούς. Η κρίσιμη σημασία συνεισφορά του Φάραντεϊ στη μελέτη του ηλεκτρομαγνητισμού δεν ήταν τα παιδικά παιχνίδια που κατασκεύασε, αλλά η *κατανόηση* στην οποία οδηγήθηκε. Προς αυτή την κατεύθυνση τον βοήθησε το χάρισμά του να οραματίζεται διάφορα πράγματα.

Δεν ήταν αρκετό το ότι *απέδειξε* τη σχέση ανάμεσα στον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό. Ήθελε να καταλάβει τις δυνάμεις που κρύβονταν πίσω τους. Ο Γάλλος φυσικός Αντρέ Μαρί Αμπέρ είχε ήδη αποδείξει ότι μια μαγνητική δύναμη προκύπτει από ένα σύρμα μέσα από το οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Ο Φάραντεϊ ανακάλυψε ότι αν ρινίσματα σιδήρου είναι σκορπισμένα πάνω σε ένα φύλλο χαρτί και από κάτω υπάρχει ένας μαγνήτης, αν χτυπήσουμε το χαρτί ελαφρά τα ρινίσματα θα αλλάξουν θέσεις και θα σχηματίσουν ένα σχέδιο που αποτελείται από γραμμές που ξεκινούν από το μαγνήτη. Για τον Φάραντεϊ, που διέθετε πολύ ζωηρή φαντασία, οι γραμμές αυτές δήλωναν κάτι περισσότερο από μια τοπική διαταραχή μέσα ή πολύ κοντά στο μαγνήτη. Υποδείκνυαν *πεδία δύναμης* που εκτείνονταν προς κάθε κατεύθυνση και διαχέονταν σύμφωνα με το νόμο των αντίστροφων τε-



Τα ρινίσματα σιδήρου ακολουθούν τα πεδία δυνάμεων.

Εικόνα 12. Τα πεδία δυνάμεων που περιβάλλουν ένα μαγνήτη, όπως το απέδειξε ο Φάραντεϊ.

τραγώνων του Νεύτωνα, και συνεχίζονταν μέχρι τα πιο απομακρυσμένα άκρα του σύμπαντος. Ήταν μια εικόνα που δεν έκανε σπουδαία εντύπωση στους ανθρώπους της εποχής του. Όμως ένας νεότερος άντρας –ο φυσικός Τζέιμς Κλερκ Μάξγουελ– μπορούσε να εκφράσει το όραμα του Φάραντεϊ με τη μορφή μαθηματικών νόμων. Σε αυτόν έπεσε ο κλήρος να κάνει τη μεγαλύτερη επανάσταση στη φυσική μετά το έργο Αρχές του Νεύτωνα.

ΦΑΡΑΝΤΕΪ, Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΤΩΝ ΣΟΟΥ Ο Φάραντεϊ ήταν ένας σεμνός άνθρωπος που δεν ενδιαφερόταν πολύ για την αναγνώριση από το κοινό. Κατά έναν παράδοξο όμως τρόπο το χάρισμά του να φαντάζεται διάφορες καταστάσεις καθώς και η επιθυμία του να μοιράζεται τη γοητεία της επιστήμης τον έκαναν επιτυχημένο ομιλητή όσο ήταν και ο Ντέβι. Με τον ήσυχο τρόπο του ήταν ένας άριστος μάγος της σκηνης. Αναμφίβολα πρόκειται για έναν από τους πιο ταλαντούχους

ανθρώπους όλων των εποχών που έφεραν τον κόσμο σε επαφή με την επιστήμη. Ο Κάρολος Δαρβίνος, που αρρώσταινε με τον παραμικρό ενθουσιασμό και απέφευγε τις δημόσιες εκδηλώσεις όπως ο διάβολος το λιβάνι, ήταν τακτικός θαμώνας στις διαλέξεις του. Ο Κάρολος Ντίκενς, του οποίου οι δημόσιες εμφανίσεις ήταν συνώνυμες της θεατρικής ερμηνείας και του σασπένς, ήταν ένθερμος θαυμαστής του.

Η μαεστρία με την οποία ο Φάραντεϊ μάγευε το ακροατήριό του φαίνεται από τον τρόπο με τον οποίο έκανε μια διάλεξη για την ηλεκτρική αγωγιμότητα. Είχε πάρει ένα ξύλινο κλουβί που είχε σχήμα κύβου με ακμή 3,6 μέτρων και το είχε καλύψει με μεταλλικό φύλλο και σύρμα. Όταν έφτασε η στιγμή να τονίσει αυτό που ήθελε, μπήκε σιγά σιγά μέσα στο κλουβί μαζί με τα όργανα μετρήσεών του και είπε στο βοηθό του να διοχετεύσει φορτίο 100.000 βολτ. Σπινθήρες άρχισαν να πετιούνται προς κάθε κατεύθυνση, το ακροατήριο πήρε μια απότομη αναπνοή και ο Φάραντεϊ συνέχισε ατάραχος την παρουσίασή του.

Ο ΟΟΥΕΝ ΚΑΙ ΟΙ ΔΕΙΝΟΣΑΥΡΟΙ Ένας νεότερος σύγχρονος του Φάραντεϊ ήταν ο ζωολόγος Ρίτσαρντ Όουεν, ο οποίος για κάποιο διάστημα στα μέσα του δέκατου ένατου αιώνα είχε αποκτήσει πολύ μεγάλη φήμη στους επιστημονικούς κύκλους της Βρετανίας. Ένα από τα πολλά επιτεύγματά του ήταν η δημιουργία του μεγαλοπρεπούς Μουσείου Φυσικής Ιστορίας του Λονδίνου. Δυστυχώς, έκανε το σφάλμα να ταχθεί με τη λάθος πλευρά στη διαμάχη ανάμεσα στους υποστηρικτές του Δαρβίνου και τους αντιπάλους τους, με αποτέλεσμα να μην ανακάμψει ποτέ από το ανελέητο σφυροκόπημα της νεότερης γενιάς επιστημόνων. Στα μάτια

τους ο Όουεν ήταν «η παλιά φρουρά», ένας από αυτούς που οι νεότεροι θεωρούσαν ότι ανέκοπταν την επιστημονική πρόοδο.

Ο Όουεν έμεινε στην Ιστορία ως αυτός που χρησιμοποίησε πρώτος τον όρο *δεινόσαυρος* για να περιγράψει μια νέα κατηγορία ζώων. Την είχε εντοπίσει με βάση τα απολιθώματα τριών πολύ διαφορετικών πλασμάτων, που όλα ανακαλύφθηκαν στα ασβεστολιθικά πετρώματα της νότιας Αγγλίας. Ο όρος «δεινόσαυρος» προέρχεται από τα ελληνικά και σημαίνει «τρομερή σαύρα». Ο Όουεν επέλεξε σκόπιμα το πρώτο συνθετικό, που υποδήλωνε κάτι το οποίο «εμπνέει τρόπο», θέλοντας να δώσει έμφαση στην τελειότητα αυτών των συγκλονιστικών πλασμάτων. Καθώς ήταν ένθερμος αντίπαλος των επαναστατικών ιδεών, με αυτό τον τρόπο έκλεινε το στόμα εκείνων που θεωρούσαν την εξέλιξη μια διαδικασία προόδου από τις «κατώτερες» προς τις «ανώτερες» μορφές ζωής. Θα απογοητευόταν αν μάθαινε ότι τα μεγαλοπρεπή τέρατά του θα κατέληγαν να γίνουν αγαπημένα παιδικά παιχνίδια και ήρωες σε ιστορίες κινουμένων σχεδίων.

Ο ισχυρισμός του Όουεν ότι τα τρία αυτά διαφορετικά πλάσματα είχαν κάποια σχέση μεταξύ τους και το γεγονός ότι εκπροσωπούσαν μια ομάδα μέχρι τότε άγνωστη στην επιστήμη ήταν ένα τολμηρό άλμα της φαντασίας. Όμως οι μετέπειτα ανακαλύψεις δικαίωσαν περίτρανα την κρίση του. Και πραγματικά του αξίζει μια περίοπτη θέση στον κατάλογο των σημαντικών προσώπων στον τομέα της βιολογίας.

Η ΕΞΑΦΑΝΙΣΗ ΤΩΝ ΔΕΙΝΟΣΑΥΡΩΝ Για περισσότερα από 100 εκατομμύρια χρόνια, από τα 180 εκατομμύρια μέχρι τα 65

εκατομμύρια χρόνια πριν, οι δεινόσαυροι ήταν κυρίαρχη μορφή ζωής πάνω στη Γη. Επειδή ζούσαν σε μια εποχή όπου οι σημερινές ήπειροι ήταν μεταξύ τους ενωμένες και αποτελούσαν μία τεράστια υπερ-ήπειρο, τα απολιθώματά τους συναντώνται σε κάθε γωνιά του πλανήτη. Οι περισσότεροι ήταν μεγαλόσωμοι και μερικοί μάλιστα γιγαντόσωμοι. Ήταν τα μεγαλύτερα ζώα της ξηράς που υπήρξαν ποτέ. Δεν ήταν όλα κρεοφάγα. Πολλά από τα μεγαλύτερα ήταν χορτοφάγα. Αργότερα όμως «εξαφανίστηκαν» από πρόσωπο Γης – εδώ, ο όρος «εξαφανίστηκαν» με τη γεωλογική έννοια του όρου. Δεν πέθαναν όλοι μέσα σε μια νύχτα. Όμως με βάση τη χρονική κλίμακα με την οποία μετρείται η γεωλογική Ιστορία, το τέλος επήλθε πραγματικά πολύ γρήγορα. Συνέβη στο τέλος της Κρητιδικής περιόδου και στην αρχή της Τριτογενούς περιόδου, αυτό που οι γεωλόγοι αποκαλούν «μεταίχμιο Κ/Τ».

Μέχρι τη δεκαετία του 1980 αυτή η ξαφνική εξαφάνιση ήταν ένα από τα μεγαλύτερα μυστήρια της επιστήμης. Στις αρχές του εικοστού αιώνα, μόνο οι Γερμανοί ασχολούνταν επισταμένως με το θέμα. Στη δεκαετία του 1950, επιστήμονες και από άλλες περιοχές του κόσμου άρχισαν να το παίρνουν στα σοβαρά. Λόγω του ότι δεν υπήρχαν απτές αποδείξεις, κυκλοφορούσαν ορισμένες τρελές θεωρίες. Μερικοί υποστήριζαν ότι οι δεινόσαυροι εξαφανίστηκαν επειδή είχαν αποκτήσει υπερβολικές διαστάσεις ή μάλλον επειδή έγιναν πολύ ογκώδεις σε σχέση με τον εγκέφαλό τους. Άλλοι επικαλούνταν μια αιφνίδια κλιματική αλλαγή που περιελάμβανε απότομη πτώση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Μερικοί έφτασαν στο σημείο να ισχυριστούν ότι οι δεινόσαυροι είχαν πεθάνει επειδή τα μικρότερα θηλαστικά έτρωγαν τα αυγά τους.

Το 1977 επιστήμονες από το πανεπιστήμιο της Καλιφόρ-

νια, στο Μπέρκλεϊ, με επικεφαλής τον γεωλόγο Γουόλτερ Αλβάρεζ και τον πατέρα του, Λουίς, που ήταν φυσικός, εξέταζαν πετρώματα κοντά στην κωμόπολη Γκούμπιο της κεντρικής Ιταλίας. Ακριβώς στο μεταίχμιο Κ/Τ, ανακάλυψαν μεγάλες ποσότητες από το στοιχείο ιρίδιο. Το ιρίδιο είναι σπάνιο στη Γη, αλλά συναντάται συχνά στους μετεωρίτες. Αυτό έκανε τους Αλβάρεζ να υποθέσουν ότι είχαν εντοπίσει κατάλοιπο από σύγκρουση με κάποιον αστεροειδή. Επίσης υπέθεσαν ότι, αν η ποσότητα που βρέθηκε στο Γκούμπιο ήταν μια ένδειξη της ποσότητας που ενδεχομένως θα βρισκόταν σε άλλες περιοχές, έμμεσα δήλωνε μια σύγκρουση σε κάποια άγνωστη θέση με ένα μετεωρίτη διαμέτρου τουλάχιστον 10 χιλιομέτρων. Μια σύγκρουση αυτού του μεγέθους, όπως ισχυρίστηκαν οι δύο ερευνητές, θα σήκωνε σύννεφα σκόνης που θα απέκλειαν τη θερμότητα του Ήλιου για ένα χρόνο ή και περισσότερο προκαλώντας παγκόσμιο «πυρηνικό χειμώνα» με καταστροφικές συνέπειες για την επιβίωση πολλών μορφών ζωής. Στα χρόνια που ακολούθησαν παρόμοια δείγματα ιριδίου εντοπίστηκαν σε πετρώματα στο μεταίχμιο Κ/Τ σε περισσότερα από 150 σημεία της Γης.

Όμως, αν είχε συμβεί ένα τέτοιο γεγονός, ο κρατήρας πού ήταν; Θα μπορούσε να βρίσκεται στον πυθμένα ενός ωκεανού, οπότε ήταν απίθανο να εντοπιστεί ποτέ. Το 1981 δύο γεωλόγοι που έκαναν έρευνες για πετρέλαιο ανακάλυψαν έναν τεράστιο κρατήρα στο Τσικσουλούμπ, στην ακτή της χερσονήσου Γιουκατάν, στο Μεξικό. Δεν παρουσίαζε κανένα επαγγελματικό ενδιαφέρον γι' αυτούς και η ύπαρξή του δεν πήρε ευρεία δημοσιότητα εκείνη την εποχή. Καθώς όμως η έρευνα για τον εντοπισμό ενός σημείου πρόσκρουσης με μετεωρίτη γινόταν ολοένα και πιο εντατική, άρχισαν να

συγκεντρώνονται στοιχεία που έδειχναν ότι ο κρατήρας στο Τσικσουλούμπ ήταν πράγματι ό,τι είχε απομείνει από μια σύγκρουση μετεωρίτη, στο ίδιο ακριβώς μέγεθος και την ίδια χρονική περίοδο που είχαν ισχυριστεί οι Αλβάρεζ.

Σήμερα αποδεχόμαστε ότι η πρόσκρουση στο Τσικσουλούμπ ήταν ένας σημαντικός, αν όχι ο μοναδικός, παράγοντας στην εξαφάνιση τόσο πολλών μορφών ζωής σε ξηρά και σε θάλασσα που σημειώθηκε πριν από 65 εκατομμύρια χρόνια. Και δεν εξαφανίστηκαν μόνο οι δεινόσαυροι. Πολλές ομάδες ζώων και φυτών που υπήρχαν για εκατομμύρια χρόνια εξαφανίστηκαν μαζί τους. Και η εξαφάνισή τους έκανε δυνατή μια διαφοροποίηση άλλων μορφών ζωής, μεταξύ των οποίων ήταν τα θηλαστικά και τα ανθοφόρα φυτά, τα οποία σήμερα αφθονούν σε περιοχές όπου κάποτε κυριαρχούσαν οι δεινόσαυροι.

Το περιστατικό με το μεταίχμιο Κ/Τ ήταν το πιο πρόσφατο από τις τέσσερις μεγάλες εξαφανίσεις που συνέβησαν τα τελευταία 500 εκατομμύρια χρόνια. Είναι απίθανο να είναι οι τελευταίες.

ΤΑ ΒΑΡΥΤΕΡΑ ΖΩΑ, ΣΤΗΝ ΞΗΡΑ ΚΑΙ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ

Κανείς δεν αμφισβητεί ότι το μεγαλύτερο είδος ζώου που εμφανίστηκε στη Γη ήταν ο δεινόσαυρος και αυτό είναι ξεκάθαρο σε σύγκριση με κάποια από τα ζώα που ζουν σήμερα στην ξηρά. Ο διπλόδοκος είχε μήκος 30 μέτρα από το κεφάλι μέχρι την ουρά. Ο βροντόσαυρος ζύγιζε 35 τόνους. Ο βραχιόσαυρος είχε ύψος 10 μέτρα. Το βαρύτερο γνωστό ζώο της ξηράς της σύγχρονης εποχής – ένας αφρικανικός ελέφαντας που σκοτώθηκε στην Αγκόλα το 1955 – είχε 4 μέτρα ύψος στο σημείο του ώμου του και ζύγιζε μόλις 12 τόνους. Ωστόσο, ορι-

σμένα ζώα που ζουν στο νερό διαθέτουν μέγεθος που κάνουν ακόμα και το βροντόσαυρο να φαίνεται καχεκτικός. Υπάρχουν γαλάζιες φάλαινες που κυκλοφορούν σήμερα στη θάλασσα και ζυγίζουν πάνω από 150 τόνους.

Ο ΤΖΕΪΜΣ ΚΛΕΡΚ ΜΑΞΓΟΥΕΛ Τα ονόματα του Αϊνστάιν, του Δαρβίνου και του Νεύτωνα είναι γνωστά σε όλο τον κόσμο, αλλά υπάρχουν κάποιοι που το όνομά τους είναι σχεδόν άγνωστο στο ευρύτερο κοινό, παρόλο που τα επιτεύγματά τους ήταν ανάλογου βεληνεκούς. Αυτό ακριβώς συμβαίνει με τον Σκοτσέζο Τζέιμς Κλερκ Μάξγουελ. Ερευνητές, επιστήμονες και φυσικοί, ειδικότερα, τον αναγνωρίζουν ως έναν από τους ευφύτερους επιστήμονες όλων των εποχών που άσκησαν τη μεγαλύτερη επιρροή, αλλά έξω από τους επιστημονικούς κύκλους ο Τζέιμς Κλερκ Μάξγουελ δεν είναι ευρύτερα γνωστός.

Ο Μάξγουελ γεννήθηκε το 1831 στο Εδιμβούργο. Παρόλο που έχασε τη μητέρα του σε ηλικία 8 ετών, πέρασε ευτυχισμένα παιδικά χρόνια. Από μικρός έδειξε ότι θα πετύχαινε πολλά στη ζωή του, ειδικότερα στα μαθηματικά. Σε ηλικία 15 ετών υπέβαλε μια μαθηματική εργασία στη Βασιλική Εταιρεία του Εδιμβούργου, και όσοι τη διάβασαν έμειναν κατάπληκτοι από το επίπεδό της. Τον επόμενο χρόνο είχε την καλή τύχη να γνωριστεί με τον 70χρονο φυσικό Ουίλιαμ Νίκολ, που και αυτός ζούσε στο Εδιμβούργο. Ο Νίκολ είχε κάνει σημαντική έρευνα σχετικά με τη χρήση των κρυστάλλων στη διερεύνηση του χαρακτήρα και της συμπεριφοράς του φωτός και οι συζητήσεις του Μάξγουελ σε εφηβική ηλικία μαζί του του πυροδότησαν ένα ενδιαφέρον για το θέμα του φωτός και των άλλων μορφών ακτινοβολίας που

έμελλε να τον συνοδεύει σε ολόκληρη τη μετέπειτα ζωή του.

Σπούδασε μαθηματικά στο Κέμπριτζ, από όπου πήρε το πτυχίο του με άριστα, και όσο διάστημα έμεινε εκεί έζησε μια καθοριστικής σημασίας πνευματική εμπειρία: διάβασε το βιβλίο του Φάραντεϊ με τίτλο *Πειραματικές έρευνες στον ηλεκτρισμό*. Ενώσω ήταν ακόμα φοιτητής συνέβαλε σημαντικά στην ανάπτυξη του θέματος με μια λαμπρή δημοσίευση με τίτλο *Σχετικά με τις γραμμές δύναμης του Φάραντεϊ*. Το 1856, σε ηλικία 25 ετών, διορίστηκε καθηγητής στο Κολέγιο Μάρισαλ του Αμπερντίν. Το 1860 πήγε στο Βασιλικό Κολέγιο στο Λονδίνο ως καθηγητής φυσικής φιλοσοφίας και αστρονομίας. Περίπου την εποχή που εγκαταστάθηκε στο Λονδίνο σημείωσε την πρώτη σημαντική συνεισφορά του στην ανάπτυξη της φυσικής.

ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΣΗΜΑΙΝΕΙ ΚΙΝΗΣΗ Το πρόβλημα με το οποίο καταπιάστηκε το 1860 ο Μάξγουελ ήταν η συμπεριφορά των αερίων και ειδικότερα σε σχέση με τις αλλαγές στη θερμοκρασία. Εκείνη την εποχή ο κόσμος δεν είχε καταλάβει ακόμα τι είναι πραγματικά η θερμότητα. Η άποψη ότι επρόκειτο για κάποιας μορφής υγρό που διοχετευόταν από τα θερμά σώματα προς τα ψυχρά συνέχιζε να έχει πολλούς υποστηρικτές. Ο Μάξγουελ το αντιμετώπισε ως ένα θέμα της συμπεριφοράς των μορίων όταν κινούνται γρήγορα. Οι ξεχωριστές μαθηματικές του δεξιότητες του έδιναν τη δυνατότητα να εξετάσει το πρόβλημα από στατιστική άποψη. Κατέστρωσε μια εξίσωση που αποτύπωνε την κατανομή των ταχυτήτων ανάμεσα στα μόρια ενός αερίου σε μια δεδομένη θερμοκρασία. Η εξίσωση αυτή έδειξε ότι παρόλο που μερικά μόρια κινούνταν με συγκριτικά χαμηλή ταχύτητα

τα, και κάποια άλλα με ιδιαίτερα υψηλή ταχύτητα, τα περισσότερα κινούνταν με μια μεσαίας τάξης ταχύτητα που αυξανόταν καθώς ανέβαινε η θερμοκρασία και μειωνόταν όταν έπεφτε και η θερμοκρασία. Η θερμοκρασία, μα και η ίδια η θερμότητα, παράγονταν από τις κινήσεις των μορίων – πράγμα που ίσχυε και για τα υγρά, και για τα στερεά, και για τα αέρια. Η θερμότητα δεν ήταν κάτι που έρεε από το ένα μέρος σε ένα άλλο. Ήταν απλώς μια άλλη λέξη για τη δραστηριότητα των μορίων της συγκεκριμένης ουσίας.

ΟΙ ΕΙΣΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΞΓΟΥΕΛ Το 1871 ο Μάξγουελ αποδέχτηκε με κρύα καρδιά την πρόσφατα δημιουργηθείσα έδρα του καθηγητή πειραματικής φυσικής στο Κέμπριτζ. Η θέση αυτή δεν του ταίριαζε απόλυτα. Εκείνος ήταν μάλλον θεωρητικός παρά λάτρης των πειραμάτων. Η εκτεταμένη χρήση των μαθηματικών στις διαλέξεις του απωθούσε τους φοιτητές πλην ελαχίστων οι οποίοι μπορούσαν να παρακολουθήσουν τους συλλογισμούς του. Παρ' όλα αυτά, στο διάστημα κατά το οποίο κατείχε αυτή τη θέση παρήγαγε το έργο για το οποίο είναι διάσημος και το οποίο ενέπνευσε μια γενιά επιστημόνων όπως ο Αϊνστάιν, που εξερεύνησε τα πορίσματα των ιδεών του.

Ο Φάραντεϊ είχε φανταστεί τον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό ως αόρατα πεδία δυνάμεων που εκτείνονταν μέχρι το Διάστημα. Ο Μάξγουελ όμως ήταν εκείνος που έδωσε υπόσταση στην ιδέα του Φάραντεϊ μέσω ενός μαθηματικού τύπου. Απέδειξε ότι ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός συνδέονταν στενά μεταξύ τους και πως το ένα δεν μπορούσε να υπάρξει χωρίς το άλλο. Το 1864 δημοσίευσε μια εργασία του με τίτλο *Μια δυναμική θεωρία των ηλεκτρομαγνητι-*

κών πεδίων, στην οποία παρουσίασε τέσσερις απλές εξισώσεις –γνωστές έως και σήμερα ως «εξισώσεις του Μάξγουελ»– που εξηγούσαν σχεδόν τα πάντα γύρω από τη μεταξύ τους σχέση. Το έργο που παρήγαγε ο Μάξγουελ στο διάστημα 1864-1873 έθεσε ένα σημαντικό τμήμα από τα θεμέλια της σύγχρονης φυσικής. Μεταξύ άλλων κατέδειξε ότι τα ηλεκτρικά πεδία και τα μαγνητικά πεδία κινούνται παράλληλα μπροστά, σαν *ηλεκτρομαγνητικά κύματα*. Απέδειξε ότι τα κύματα αυτά κινούνται με την ταχύτητα του φωτός και υποστήριξε πως το φως ήταν απλώς ένα πλήρες φάσμα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (βλέπε *Εικόνα 9, σελίδα 111*), που πιθανόν περιέκλειε και άλλα είδη ακτινοβολίας, τα οποία δεν είχαν ακόμη ανακαλυφθεί. Το 1873 η καριέρα του έφτασε στο ζενίθ της με τη δημοσίευση του έργου του *Δοκίμιο για τον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό* – μία από τις σπουδαιότερες αποδείξεις της υψηλής επιστημονικής ευφυΐας του.

Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΤΩΝ ΜΑΚΡΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ Ο Μάξγουελ πέθανε το 1879 χωρίς να έχει ακόμα συμπληρώσει τα 50 του χρόνια και τόσο νωρίς, που δεν πρόλαβε να δει την επιβεβαίωση των προβλέψεών του. Αν είχε καταφέρει να ζήσει άλλα δέκα χρόνια, θα έβλεπε την ανακάλυψη της ακτινοβολίας μακρών κυμάτων σε μήκος κύματος 1 εκατομμύριο φορές μεγαλύτερο από εκείνο του ορατού φωτός – συγκεκριμένα, της ακτινοβολίας που γνωρίζουμε ως ραδιοφωνικά κύματα. Ανακαλύφθηκε από τον Γερμανό φυσικό Χάινριχ Χερτς, ο οποίος κατόρθωσε να αποδείξει ότι η ακτινοβολία αυτή κινείται με την ταχύτητα του φωτός και αντανακλάται και διαθλάται όπως το φως.

Στις μέρες μας υπάρχει ένα τεράστιο φάσμα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως είχε υποψιαστεί ο Μάξγουελ. Συγκεκριμένα υπάρχουν υπέρυθρες ακτίνες, ακτίνες Χ, ραδιοκύματα, ακτίνες γάμα, μικροκύματα. Και όλες τις μελετάμε με τις εξισώσεις που εκείνος μας έδωσε.

Η ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ Κατά καιρούς εμφανίζεται κάποιος επιστήμονας ο οποίος προτείνει ένα νέο τρόπο σκέψης. Όταν συμβαίνει αυτό, μιλάμε για ένα νέο μοντέλο του φυσικού κόσμου που ακολουθεί η επιστήμη. Το μοντέλο που βοήθησε να αποκτήσει το νόημά της η χημεία και ακόμη αποτελεί το πλαίσιο της επιστήμης αυτής είναι ο περιοδικός πίνακας, ο οποίος έχει τις ρίζες του στο έργο του Ρώσου χημικού Ντμίτρι Μεντελέγεφ.

Ο Μεντελέγεφ γεννήθηκε στο Τομπόλσκ, στη δυτική Σιβηρία, το 1834 και ήταν το μικρότερο από τα δεκατέσσερα παιδιά της οικογένειάς του. Ο πατέρας του ήταν διευθυντής στο γυμνάσιο της περιοχής, αλλά έχασε το φως του τη χρονιά που γεννήθηκε ο Μεντελέγεφ. Η μητέρα του ήταν κόρη εργοστασίου και άνοιξε πάλι ένα από τα εργοστάσια του πατέρα της για να βοηθήσει στη στήριξη της οικογένειάς της. Ο μικρός Ντμίτρι δεν ενδιαφερόταν καθόλου για το σχολείο, αλλά ένας ιδιωτικός δάσκαλος του ενέπνευσε την αγάπη για την επιστήμη.

Σε ηλικία 13 ετών έχασε τον πατέρα του, ενώ το εργοστάσιο της μητέρας του καταστράφηκε από πυρκαγιά. Μη έχοντας πια κανένα λόγο να παραμείνει στη Σιβηρία και θέλοντας να προσφέρει περισσότερη μόρφωση στο γιο της, η μητέρα του Μεντελέγεφ ξεκίνησε ένα ταξίδι 2.000 χιλιομέτρων μέχρι τη Μόσχα μαζί με τον Ντμίτρι και μια μεγαλύτερη

κόρη της. Στη Μόσχα δεν τον δέχτηκαν στο πανεπιστήμιο. Ταξίδεψαν λοιπόν άλλα 650 χιλιόμετρα μέχρι την Αγία Πετρούπολη, όπου ένας φίλος του πατέρα του του εξασφάλισε μια υποτροφία για να σπουδάσει φυσική στο Κεντρικό Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, που ήταν παράρτημα του πανεπιστημίου. Μέσα σε ένα χρόνο η μητέρα και η αδελφή του πέθαναν, ενώ εκείνος εισήχθη στο νοσοκομείο του Ινστιτούτου πάσχοντας από φυματίωση. Του έδωσαν δύο χρόνια ζωή, αλλά εκείνος κατάφερε να επιβιώσει.

Έπειτα από μακρά παραμονή στο νοσοκομείο, πήρε την άδεια διδασκαλίας και έγινε άμισθος καθηγητής στο πανεπιστήμιο της Αγίας Πετρούπολης, ενώ για να ζήσει εξαρτιόταν από τα ιδιαίτερα μαθήματα που παρέδιδε. Σε ηλικία 22 ετών πήρε μια υποτροφία για να σπουδάσει στο εξωτερικό. Αρχικά πήγε στο Παρίσι και στη συνέχεια στη Χαϊδελβέργη, όπου είχε την τύχη να γνωρίσει τον Μπούνσεν και τον Κίρχοφ, οι οποίοι διεξήγαγαν τις έρευνες που θα έθεταν τα θεμέλια της φασματοσκοπίας.

Το Σεπτέμβριο του 1860 ταξίδεψε στην Καρλσρούη της Γερμανίας για να παρευρεθεί στο πρώτο Διεθνές Συνέδριο Χημείας που είχε προγραμματιστεί ώστε να τακτοποιήσει μια διαφορά για το πώς θα μπορούσαν να υπολογιστούν καλύτερα τα βάρη των στοιχείων. Στο συνέδριο συμμετείχαν 140 από τους πιο επιφανείς χημικούς του κόσμου και οι διαλέξεις που άκουσε εκεί του πυροδότησαν ένα ενδιαφέρον που κράτησε μέχρι το τέλος της ζωής του.

Ο ΦΡΑΝΚΛΑΝΤ ΚΑΙ Ο ΚΑΝΙΤΖΑΡΟ Το 1860 η χημεία βρισκόταν ακόμα σε κατάσταση σύγχυσης. Στα πενήντα χρόνια που είχαν περάσει από τότε που ο Ντάλτον είχε διατυ-

πώσει την ατομική θεωρία του, μια ομάδα χημικών, και κυρίως ο Μπερσέλιους, είχαν αξιοποιήσει τα θεμέλια τα οποία είχε θέσει εκείνος. Όμως ακόμα δεν υπήρχε μια γενική συμφωνία για τις περισσότερες βασικές πτυχές της επιστήμης. Τέτοια ήταν η σύγχυση, ώστε υπήρχαν μέχρι και είκοσι διαφορετικοί τύποι που περιέγραφαν αρκετά απλές ενώσεις.

Μια σημαντική συμβολή για τη μετρίαση του προβλήματος ήταν εκείνη του Άγγλου χημικού Έντουαρντ Φράνκλαντ. Ο Φράνκλαντ, ο οποίος γεννήθηκε το 1825 στο Λάνκασιρ, ήταν βοηθός φαρμακοποιού που είχε διδαχθεί μόνος του χημεία. Μάλιστα ήταν τέτοιες οι γνώσεις του, που στη συνέχεια πήρε διδακτορικό δίπλωμα από το πανεπιστήμιο του Μάρμπουργκ στη Γερμανία και έγινε καθηγητής χημείας στο Κολέγιο Όουενς στο Μάντσεστερ. Το 1852 εισήγαγε την έννοια του σθένους, δηλαδή την άποψη ότι τα άτομα κάθε στοιχείου είχαν τη δική τους δυνατότητα να συνδυάζονται με άτομα άλλων στοιχείων και πως αυτό καθόριζε τις αναλογίες με τις οποίες ενώνονταν για να σχηματίσουν ενώσεις. Έτσι, το υδρογόνο έχει σθένος 1 και το οξυγόνο έχει σθένος 2, και συνεπώς ένα άτομο οξυγόνου θα συνδυαστεί με δύο άτομα υδρογόνου για να σχηματίσουν ένα μόριο νερού που συμβολίζεται H_2O . Ομοίως, ένα άτομο άνθρακα, το οποίο έχει σθένος 4, θα ενωθεί με δύο άτομα οξυγόνου, με σθένος 2, για να σχηματίσουν ένα μόριο διοξειδίου του άνθρακα, ή CO_2 . Στη συνέχεια το σθένος αναδείχτηκε σε ένα χρήσιμο εργαλείο στην καθημερινή εργασία του χημικού, αλλά ο ακριβής λόγος για τον οποίο τα στοιχεία διέθεταν αυτή την ιδιότητα δε θα αποσαφηνιζόταν προτού περάσουν πέντε ακόμα δεκαετίες.

Μια σημαντική συμβολή στην κατανόηση των στοι-

χείων ήταν εκείνη από έναν άλλο ομιλητή του συνεδρίου, τον Ιταλό Στανισλάβο Κανιτζάρο. Γιος ενός κατώτερου δικαστή, ο Κανιτζάρο γεννήθηκε το 1826 στο Παλέρμο της Σικελίας. Διέγραψε μια πολυκύμαντη καριέρα, που μεταξύ άλλων περιελάμβανε εξορία στο Παρίσι λόγω της συμμετοχής του το 1848 σε μια εξέγερση εναντίον του βασιλιά της Νάπολης. Αργότερα όμως κατόρθωσε να επιστρέψει στην Ιταλία και την εποχή που διεξήχθη το συνέδριο ήταν καθηγητής χημείας στη Γένοβα. Το 1858 εξέδωσε μια σύντομη μελέτη στην οποία αποδείκνυε για πρώτη φορά την κρίσιμη διάκριση ανάμεσα στα άτομα και τα μόρια.

ΤΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΤΟΥ ΜΕΝΤΕΛΕΓΕΦ Οι διαλέξεις του Κανιτζάρο στην Καρλσρούη είχαν πολύ ισχυρό αντίκτυπο στον Μεντελέγεφ. Επέστρεψε στη Ρωσία πεπεισμένος για την αλήθεια των ισχυρισμών του Κανιτζάρο ότι το μόνο λογικό μέτρο του βάρους ενός στοιχείου ήταν το βάρος των ατόμων από τα οποία αποτελούνταν. Αυτή η πεποίθηση αποτέλεσε το έναυσμα για τις μελλοντικές έρευνές του.

Επιστρέφοντας το 1861 στην Αγία Πετρούπολη, ανέλαβε θέση καθηγητή στο Τεχνικό Ινστιτούτο και σύντομα υιοθέτησε τις νέες ιδέες και ανακαλύψεις στον τομέα της χημείας, που ουσιαστικά ήταν άγνωστες στη Ρωσία. Όταν έμαθε ότι στη Ρωσία δεν υπήρχε εγχειρίδιο για την οργανική χημεία –τη χημεία των ενώσεων που αποτελούν τη βάση της ζωής–, αποφάσισε να συγγράψει ένα και το πέτυχε μέσα σε δύο μόλις μήνες.

Το 1866, σε ηλικία 32 ετών, έγινε καθηγητής χημείας στο πανεπιστήμιο. Λίγο καιρό μετά αποφάσισε να γράψει ένα εγχειρίδιο με τίτλο *Οι αρχές της χημείας*. Ο πρώτος τόμος

του κυκλοφόρησε το 1868. Ήταν ένα βιβλίο που στη συνέχεια θα μεταφραζόταν σε πολλές γλώσσες και θα γινόταν το κλασικό κείμενο για δύο γενιές φοιτητών. Στο διάστημα που έγραφε τον δεύτερο τόμο διατύπωσε έναν πρωτοποριακό συλλογισμό που έβαλε σε μια τάξη τα στοιχεία και ταυτόχρονα του χάρισε αιώνια δόξα.

ΤΟ ΟΝΕΙΡΟ ΤΟΥ ΜΕΝΤΕΛΕΓΕΦ Για κάμποσο καιρό ήταν γνωστό ότι μερικά στοιχεία είχαν όμοιες ιδιότητες και οι χημικοί είχαν αρχίσει να αναρωτιούνται αν θα ήταν δυνατόν να ταξινομηθούν, όπως ο Λινναίος είχε ταξινομήσει τα ζώα με βάση τις κοινές ιδιότητες. Το 1864 ένας Άγγλος χημικός, ο Τζον Νιούλαντς, είχε επισημάνει ότι αν τα στοιχεία διατάσσονταν σε μια σειρά σύμφωνα με το ατομικό βάρος τους, ο πίνακας που θα προέκυπτε θα παρουσίαζε μια *περιοδικότητα*, πράγμα που σήμαινε ότι παρόμοια χαρακτηριστικά θα επανεμφανίζονταν σε λίγο-πολύ κανονικά διαστήματα. Την ιδέα αυτή την εξέφρασε μέσα σε έναν κανόνα που ονόμασε *νόμος των οκτάδων*, δεδομένου ότι παρόμοια χαρακτηριστικά έδειχναν να επανεμφανίζονται ανά οκτώ θέσεις στον πίνακά του. Όταν όμως ανακοίνωσε την «ανακάλυψή» του σε ένα συνέδριο χημικών, έγινε αντικείμενο χλευασμού.

Ο Μεντελέγεφ γνώριζε την εργασία του Νιούλαντς, αλλά δεν τον είχε πείσει ο τρόπος παρουσίασής της· ειδικότερα, δεν του άρεσε ο τρόπος με τον οποίο είχαν τοποθετηθεί μερικά στοιχεία προκειμένου να δοθεί μια εντύπωση περιοδικότητας. Καθώς άρχισε τη συγγραφή του δεύτερου τόμου του εγχειριδίου του, προσπάθησε να βρει μια διάταξη που θα παρείχε ένα πλαίσιο για την κατανόηση της σχέσης κάθε στοιχείου με τα άλλα, αλλά δε θα είχε τα μειονεκτήματα που διέκρινε στο

μοντέλο του Νιούλαντς. Ήταν πεπεισμένος ότι η χημεία δεν ήταν πραγματικά σε θέση να ισχυριστεί ότι αποτελούσε επιστήμη μέχρι τη στιγμή που θα μπορούσε κάποιος να εντοπίσει θεμελιώδεις αρχές να διέπουν την πρακτική της.

Η αρχή που χρησιμοποιήθηκε για την οργάνωση του βιβλίου του ήταν η ομαδοποίηση των στοιχείων σύμφωνα με τις κοινές ιδιότητες. Μέχρι το Φεβρουάριο του 1869 ο Μεντελέγεφ είχε γράψει δύο κεφάλαια από τον δεύτερο τόμο του και σκεφτόταν για ποια ομάδα στοιχείων θα έπρεπε να γράψει στη συνέχεια. Βρισκόταν κάτω από μεγάλη πίεση. Οι σκέψεις του σχετικά με τη διάταξη των στοιχείων τού είχαν δώσει την αίσθηση ότι βρισκόταν πολύ κοντά στην αρχή που αναζητούσε. Είχε σημειώσει τα ονόματα και τα βάρη των γνωστών στοιχείων σε κάρτες, τις οποίες τακτοποιούσε κάθε φορά με διαφορετικό τρόπο, σαν να έπαιζε πασιέντζες. Ήταν υποχρεωμένος να αναχωρήσει για μια εκδρομή στην εξοχή· φοβόταν ότι αν δεν έβρισκε τη λύση προτού φύγει, θα έχανε τη συγκέντρωσή του και οι πιθανότητες να την ξαναβρεί μειώνονταν πολύ. Επί τρεις ημέρες και σχεδόν για τρεις ολόκληρες νύχτες ασχολιόταν με το πρόβλημα, μέχρι που η έλλειψη ύπνου τού έφερε απόλυτη σύγχυση. Την ημέρα που υποτίθεται θα αναχωρούσε, αποκοιμήθηκε στο γραφείο του. Όσο κοιμόταν, το μυαλό του συνέχισε να ανακατεύει τις κάρτες. Όταν ξύπνησε, κατάλαβε ότι είχε βρει τη λύση.

Ο ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ Το μυστικό που είχε ανακαλύψει το υποσυνείδητο του Μεντελέγεφ την ώρα που κοιμόταν ήταν το εξής: τα στοιχεία θα μπορούσαν να διαταχθούν σε οριζόντιες σειρές κατ' αύξουσα σειρά του ατομικού βάρους τους και σε κάθετες στήλες σύμφωνα με τα χημικά χαρα-

κτηριστικά τους, αφήνοντας κενά εκεί όπου το μοντέλο έδειχνε ότι έπρεπε να υπάρχουν.

Τις ιδέες αυτές τις δημοσίευσε σε μια εργασία με τίτλο *Σχετικά με τις ιδιότητες των ατομικών βαρών των στοιχείων*. Στην εργασία αυτή παρουσιαζόταν ο περιοδικός του νόμος, που όριζε ότι αν τα γνωστά στοιχεία καταγράφονταν κατά σειρά αύξοντος ατομικού βάρους:

1. παρουσίαζαν μια επανάληψη αύξοντος και φθίνοντος σθένους (την αναλογία με την οποία ενώνονταν με άλλα στοιχεία)

και

2. σχημάτιζαν ομάδες που παρουσίαζαν ένα επαναλαμβανόμενο μοντέλο άλλων χαρακτηριστικών.

Μία συνέπεια της ανακάλυψης του Μεντελέγεφ ήταν ότι του έδωσε τη δυνατότητα να επανατοποθετήσει 17 στοιχεία μέσα στον πίνακά του με βάση τις χημικές ιδιότητές τους, πράγμα που σήμαινε ότι ο ατομικός αριθμός τους, όπως είχε υπολογιστεί ως τότε, ήταν λανθασμένος. Επίσης ήταν σε θέση, λόγω των κενών που υπήρχαν στον πίνακα, να ισχυριστεί την ύπαρξη τριών στοιχείων που τότε ήταν άγνωστα, και επιπλέον να προβλέψει τις ιδιότητές τους.

Αρχικά η εργασία του Μεντελέγεφ αντιμετώπιστηκε με επιφύλαξη, όπως συνέβη και με τις προηγούμενες προσπάθειες να τοποθετηθούν τα στοιχεία σε μια σειρά. Όταν όμως ανακαλύφθηκε ότι τα αποδεκτά ατομικά βάρη μερικών στοιχείων ήταν όντως λανθασμένα, οι ιδέες του άρχισαν να λαμβάνονται πιο σοβαρά υπόψη. Και μέσα σε δεκαπέντε χρόνια, καλύφθηκαν και τα τρία κενά που υπήρχαν στον πίνακά του

καθώς ανακαλύφθηκαν το γάλλιο (1875), το σκάνδιο (1879) και το γερμάνιο (1886), καθένα από τα οποία είχε τα χαρακτηριστικά που εκείνος είχε προβλέψει. Αν και δεν ήταν ο πρώτος που υποστήριξε ότι υπήρχε δυνατότητα να διαταχθούν τα στοιχεία με μια σειρά που έδειχνε περιοδικότητα, αυτός, σε αντίθεση με τους προκατόχους του, κατόρθωσε να δείξει ότι υπήρχε κάποια λογική που υπαγόρευε αυτό τον πίνακα.

Το 1876, σε ηλικία 43 ετών, έπειτα από πολυετή δυστυχισμένο γάμο, χώρισε από την πρώτη σύζυγό του. Σύμφωνα με τη ρωσική νομοθεσία δεν επιτρεπόταν να ξαναπαντρευτεί προτού περάσουν επτά χρόνια. Όμως εκείνος είχε ερωτευτεί μια όμορφη νέα φοιτήτρια των Καλών Τεχνών με καταβολές από τους Κοζάκους. Μη μπορώντας να περιμένει, την παντρεύτηκε και τον κατηγορήσαν για διαγαμία. Ωστόσο, ο τσάρος αρνήθηκε να τον τιμωρήσει λέγοντας: «Ο Μεντελέγεφ έχει δύο συζύγους, αλλά η Ρωσία έχει έναν μόνο Μεντελέγεφ». Ο δεύτερος γάμος του ήταν όντως ευτυχισμένος. Ο Μεντελέγεφ απέκτησε δύο κόρες και δύο γιους τους οποίους αγαπούσε, και συνέχισε την πολύπλευρη συνεισφορά του στην επιστήμη σε ένα χώρο διακοσμημένο με τους πίνακες ζωγραφικής της συζύγου του με θέμα τους ήρωές του: τον Νεύτωνα, τον Φάραντεϊ και τον Λαβουαζιέ.

Η ΦΥΣΙΚΗ ΠΙΣΩ ΑΠΟ ΤΗ ΧΗΜΕΙΑ Ο πίνακας του Μεντελέγεφ τροποποιήθηκε μετά την κατάρτισή του. Η σύγχρονη μορφή του (βλέπε σελίδα 227) αντικατοπτρίζει τη γνώση που αποκτήθηκε από την εποχή που τον επινόησε αρχικά ο Μεντελέγεφ. Επίσης περιέχει 109 στοιχεία συγκριτικά με τα 63 που εκείνος γνώριζε. Παρ' όλα αυτά εξακολουθεί να

είναι καταφανώς ο πίνακας του Μεντελέεφ, επειδή εκείνος είχε βρει τη θεμελιώδη σχέση ανάμεσα στα στοιχεία, παρόλο που δεν είχε την παραμικρή ιδέα για το πώς συνδυάζονταν τα άτομά τους.

Τα στοιχεία από το 1 (υδρογόνο) μέχρι το 92 (ουράνιο) είναι φυσικά στοιχεία. Πρόκειται για τα βασικά συστατικά από τα οποία είναι κατασκευασμένος ο κόσμος. Τα υπόλοιπα είναι φτιαγμένα από τον άνθρωπο. Όλα τα στοιχεία απαρτίζονται από μερικά πολύ μικρά στοιχειώδη σωματίδια που ονομάζονται πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια. Κάθε άτομο καθενός στοιχείου έχει έναν πυρήνα που αποτελείται από πρωτόνια και νετρόνια. Γύρω από αυτό περιστρέφονται τα ηλεκτρόνια, σαν πλανήτες γύρω από τον Ήλιο. Όπως ο Ήλιος έχει τη μεγαλύτερη μάζα του ηλιακού συστήματος, έτσι και ο πυρήνας έχει τη μεγαλύτερη μάζα στο άτομο. Και όπως οι πλανήτες χωρίζονται από τον Ήλιο με τεράστιους κενούς χώρους, έτσι και οι τροχιές των ηλεκτρονίων χωρίζονται από τεράστιους κενούς χώρους από τον κεντρικό πυρήνα. Το ατομικό βάρος ενός στοιχείου καθορίζεται από τον αριθμό των νετρονίων και των πρωτονίων του πυρήνα (ένα πρωτόνιο είναι 1.836 φορές βαρύτερο από ένα ηλεκτρόνιο). Όμως ο αριθμός και η διάταξη των ηλεκτρονίων είναι εκείνα που καθορίζουν τις χημικές ιδιότητες ενός στοιχείου, επειδή όταν ενωθούν τα άτομα, την ένωση την αναλαμβάνουν τα ηλεκτρόνια τους.

Οι αριθμοί στον περιοδικό πίνακα είναι οι ατομικοί αριθμοί: αντιπροσωπεύουν τον αριθμό των πρωτονίων που υπάρχουν στον πυρήνα. Επίσης αντιστοιχούν στον αριθμό των ηλεκτρονίων που περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα, επειδή κάθε άτομο περιέχει ίσο αριθμό πρωτονίων και ηλε-

Αυτή είναι η σημερινή μορφή του πίνακα που κατέγραψε ο Μεντελέεφ.

Οι αριθμοί συμβολίζουν τον ατομικό αριθμό των στοιχείων και αντιστοιχούν στον αριθμό των πρωτονίων που υπάρχουν στον πυρήνα. Σε γενικές γραμμές, το ατομικό βάρος αυξάνεται καθώς αυξάνεται ο ατομικός αριθμός. Το ακριβές βάρος εξαρτάται από τον αριθμό των πρωτονίων και των νετρονίων που υπάρχουν στον πυρήνα.

Οι κάθετες στήλες ονομάζονται ομάδες και περιέχουν στοιχεία με παρόμοιες χημικές ιδιότητες. Οι ιδιότητες αυτές καθορίζονται από τον αριθμό των ηλεκτρονίων που περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα, ο οποίος είναι ίσος με τον αριθμό των πρωτονίων.

Τα ονόματα και τα σύμβολα που δίνονται για τα στοιχεία 104 έως 109 είναι τα εγκεκριμένα σήμερα από τη Διεθνή Ένωση Καθαρής και Εφαρμοσμένης Χημείας (IUPAC).

1 H Υδρογόνο	2 He Ήλιο(α)	3 Li Λίθιο	4 Be Βηρύλλιο	5 B Βόριο	6 C Άνθρακας	7 N Άζωτο	8 O Οξυγόνο	9 F Φθόριο	10 Ne Νέον	11 Na Νάτριο	12 Mg Μαγνήσιο	13 Al Άργιλλιο	14 Si Πηλίκιο	15 P Φωσφόρος	16 S Θείο	17 Cl Χλωρίο	18 Ar Άργον	19 K Κάλιο	20 Ca Καλσιόριο	21 Sc Σκάνδιου	22 Ti Τιτανίου	23 V Βαντάδιο	24 Cr Χρυσόμο	25 Mn Μαγγάνιο	26 Fe Σίδηρος	27 Co Κοβάλτιο	28 Ni Νικέλιο	29 Cu Χαλκός	30 Zn Ψευδάργυρος	31 Ga Γαλλίο	32 Ge Γερμάνιο	33 As Αρσενικό	34 Se Σελήνιο	35 Br Βρώμιο	36 Kr Κρυπτόριο	37 Rb Ρουβίδιο	38 Sr Στρώντιο	39 Y Ύψιλον	40 Zr Ζιρκόνιο	41 Nb Νιόβιο	42 Mo Μολυβδαίνιο	43 Tc Τεχνήτιο	44 Ru Ρουθέτιο	45 Rh Ροδίο	46 Pd Παλλάδιο	47 Ag Αργήριος	48 Cd Κόκκινο	49 In Ινδίο	50 Sn Κασσίτερος	51 Sb Αντιμόνιο	52 Te Τελούριο	53 I Ιώδιο	54 Xe Ξένο	55 Cs Καίσιο	56 Ba Βαρίο	57 La Λανθάνιο	58 Ce Αιθίοιο	59 Pr Πρισματικό	60 Nd Νεοδάμιο	61 Pm Προμθετικό	62 Sm Σμολόδιο	63 Eu Ευρατικό	64 Gd Γαδολίνιο	65 Tb Τελλούριο	66 Dy Δυσπρόσιο	67 Ho Όσμιο	68 Er Έρβιο	69 Tm Θυμείο	70 Yb Υψιλόδιο	71 Lu Λουθécιο	72 Hf Ήφαιστο	73 Ta Ταντάλιο	74 W Βολφράμιο	75 Re Ρένιο	76 Os Όσμιο	77 Ir Ιρίδιο	78 Pt Αργυρόψευδος	79 Au Χρυσός	80 Hg Υδράργυρος	81 Tl Θαλλείο	82 Pb Πυρίτιδος	83 Bi Βισμούριο	84 Po Πολόνιο	85 At Άστριο	86 Rn Ραδόνιο	87 Fr Φραντζέλιο	88 Ra Ραδίο	89 Ac Ακτινίο	90 Th Θόριο	91 Pa Πρωακτινίο	92 U Ουράνιο	93 Np Νεπτούριο	94 Pu Πλουτωνίο	95 Am Αμεργάσιο	96 Cm Κουρίτιο	97 Bk Βερκελίτιο	98 Cf Καλιφόρνιο	99 Es Εισάτιο	100 Fm Φέρμιο	101 Md Μενδελόβιο	102 No Νοβόβιο	103 Lr Λορέντζιο
--------------------	--------------------	------------------	---------------------	-----------------	--------------------	-----------------	-------------------	------------------	------------------	--------------------	----------------------	----------------------	---------------------	---------------------	-----------------	--------------------	-------------------	------------------	-----------------------	----------------------	----------------------	---------------------	---------------------	----------------------	---------------------	----------------------	---------------------	--------------------	-------------------------	--------------------	----------------------	----------------------	---------------------	--------------------	-----------------------	----------------------	----------------------	-------------------	----------------------	--------------------	-------------------------	----------------------	----------------------	-------------------	----------------------	----------------------	---------------------	-------------------	------------------------	-----------------------	----------------------	------------------	------------------	--------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------------------------	----------------------	------------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------	-------------------	--------------------	----------------------	----------------------	---------------------	----------------------	----------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------------	--------------------	------------------------	---------------------	-----------------------	-----------------------	---------------------	--------------------	---------------------	------------------------	-------------------	---------------------	-------------------	------------------------	--------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------	------------------------	------------------------	---------------------	---------------------	-------------------------	----------------------	------------------------

Εικόνα 13

κτρονίων. Τα ηλεκτρόνια έχουν αρνητικό φορτίο, το οποίο εξισορροπείται από το θετικό φορτίο που διαθέτουν τα πρωτόνια. Το ατομικό βάρος ενός στοιχείου εξαρτάται από τον συνολικό αριθμό πρωτονίων και νετρονίων που υπάρχουν στον πυρήνα. Αυτό τείνει να αυξάνεται με την αύξηση του ατομικού αριθμού, αλλά μερικά στοιχεία εμφανίζονται με πολλές μορφές και ονομάζονται *ισότοπα*. Για παράδειγμα, το φυσικό ουράνιο (ατομικός αριθμός 92) εμφανίζεται σε δύο μορφές: το ουράνιο 235 με 92 πρωτόνια και 143 νετρόνια, και ατομικό βάρος 235, και το ουράνιο 238 με 92 πρωτόνια και 146 νετρόνια, και ατομικό βάρος 238 (ίσο με 238 άτομα υδρογόνου).

Οι κάθετες στήλες λέγονται «ομάδες». Είναι οικογένειες στοιχείων με παρόμοιες ιδιότητες. Συνεπώς, η δεξιά στήλη περιέχει τα «ευγενή» ή «αδρανή» αέρια – το ήλιον, το νέον κτλ. Αυτά έχουν ονομαστεί «αργά» αέρια, επειδή αργούν να ενωθούν με άλλα στοιχεία. Αυτό τα καθιστά χρήσιμα για το φούσκωμα μπαλονιών (το ήλιον είναι πιο ασφαλές από το υδρογόνο) και για λαμπτήρες φθορισμού (αργό).

ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ ΤΟ ΜΠΛΕ ΧΡΩΜΑ ΤΟΥ ΟΥΡΑΝΟΥ Το 1854, όταν ο Φάραντνι ήταν ακόμα διευθυντής στο Βασιλικό Ινστιτούτο, ένας νεαρός φυσικός ιρλανδικής καταγωγής που τον έλεγαν Τζον Τίνταλ διορίστηκε εκεί καθηγητής. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον είχε εκδηλώσει για τη συμπεριφορά των αερίων και τον τρόπο με τον οποίο μεταφέρουν τη θερμότητα. Επίσης έκανε σημαντικές ανακαλύψεις σχετικά με τη συμπεριφορά του φωτός καθώς διερχόταν μέσα από διάφορες ουσίες. Ένα από τα αποτελέσματα των ερευνών του ήταν η ερμηνεία που έδωσε για το χρώμα του ουρανού. Είχε ήδη απο-

δειχθεί ότι το χρώμα του υγρού οξυγόνου ήταν μπλε και αυτό έδινε την ένδειξη ότι το χρώμα του ουρανού θα μπορούσε ενδεχομένως να αποδοθεί στο οξυγόνο που υπήρχε στην ατμόσφαιρα. Ο Τίνταλ, στηριζόμενος στο έργο του Άγγλου φυσικού λόρδου Ρέιλι, μπόρεσε να εξηγήσει το μπλε χρώμα ως αποτέλεσμα της σκέδασης του φωτός από σωματίδια σκόνης στην ατμόσφαιρα. Ο Ρέιλι είχε δείξει ότι ο βαθμός στον οποίο το φως διασκορπίζεται είναι αντιστρόφως ανάλογος με την τέταρτη δύναμη του μήκους κύματος του φωτός. Αυτό σημαίνει ότι, για παράδειγμα, το ιώδες στοιχείο του ηλιακού φωτός, με ένα μήκος κύματος μισό από του ερυθρού φωτός, διασκορπίζεται 2⁴ φορές, δηλαδή 16 φορές περισσότερο, απ' ό,τι το ερυθρό στοιχείο. Αυτή η σκέδαση του μπλε/ιώδους φωτός ευθύνεται για το μπλε χρώμα του ουρανού. Εντούτοις, η ερμηνεία του Τίνταλ τροποποιήθηκε από τον Άλμπερτ Αϊνστάιν ύστερα από πενήντα χρόνια, όταν ο τελευταίος απέδειξε ότι τα μόρια του αέρα, και όχι τα σωματίδια σκόνης, ευθύνονται για τη σκέδαση του φωτός.

Η ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ Η έρευνα του Τίνταλ σχετικά με τη μετάδοση της θερμότητας από τα αέρια του έδωσε τη δυνατότητα να υποστηρίξει τη θεωρία του «φαινομένου του θερμοκηπίου» του Φουριέ. Το 1860 ο Τίνταλ μέτρησε την απορρόφηση της ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα και συμπέρανε ότι μάλλον το διοξείδιο του άνθρακα και οι υδρατμοί παρά το άζωτο και το οξυγόνο ευθύνονταν για το φαινόμενο της διατήρησης της θερμότητας που είχε περιγράψει ο Φουριέ (βλέπε σελίδα 191).

Το 1896 ο Σουηδός χημικός Σβάντε Αουγκούστε Αρένιους ανέπτυξε αυτή την ιδέα ακόμα περισσότερο: αναρω-

τήθηκε κατά πόσο οι αλλαγές θερμοκρασίας στο έδαφος σχετίζονται με τις αλλαγές στα επίπεδα αυτών των αερίων που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα και απορροφούν θερμότητα. Υπολόγισε τον αντίκτυπο που θα μπορούσε να έχει στο κλίμα της Γης ο διπλασιασμός της ποσότητας του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η απάντηση ήταν μια αύξηση στη μέση θερμοκρασία της Γης από 5 μέχρι 6 βαθμούς Κελσίου.

Οι προβληματισμοί του Αρένιους σχετικά με το θέμα της αύξησης της θερμοκρασίας της Γης δεν προκάλεσαν μεγάλη αίσθηση εκείνη την εποχή, επειδή οι περισσότεροι επιστήμονες δεν είχαν πεισθεί ότι αυτή η αύξηση στην περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του άνθρακα ήταν ένα λογικό σενάριο. Ωστόσο, στις αρχές της δεκαετίας του 1940, ο Βρετανός φυσικός Τζ. Σ. Κάλενταρ συμπέρανε, μελετώντας τα αρχεία που τηρούνταν σε μετεωρολογικούς σταθμούς σε διάφορες περιοχές του κόσμου, ότι πράγματι είχε ξεκινήσει μια διαδικασία αύξησης της θερμοκρασίας της Γης, την οποία προκαλούσε η άνοδος των επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα. Ακόμα και τότε πολλοί επιστήμονες δυσκολεύονταν να πιστέψουν ότι η ανθρώπινη δραστηριότητα θα μπορούσε να επηρεάσει κατ' αυτό τον τρόπο τις παγκόσμιες θερμοκρασίες. Μόλις στις αρχές της δεκαετίας του 1960 άρχισαν να αλλάζουν οι απόψεις καθώς πλήθαιναν οι αποδείξεις πως κατά το μεγαλύτερο μέρος του αιώνα παρουσιαζόταν αύξηση τόσο στα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα όσο και στις θερμοκρασίες της Γης.

Σήμερα είναι γνωστό ότι η μέση θερμοκρασία της Γης έχει αυξηθεί κατά μισό τουλάχιστον βαθμό Κελσίου μέσα στα τελευταία εκατό χρόνια και η ανάλυση των προηγού-

μενων ατμοσφαιρικών συνθηκών καταδεικνύει ότι τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στη γήινη ατμόσφαιρα είναι τα υψηλότερα που έχουν παρατηρηθεί εδώ και 750.000 χρόνια. Δεδομένου ότι τα περισσότερα από τα τελευταία εκατό χρόνια ο ρυθμός καύσης ορυκτών καυσίμων ήταν απλώς ένα μικρό ποσοστό του επιπέδου καύσης που παρατηρείται σήμερα, όλα δείχνουν ότι η εκτίμηση του Αρένιους για αύξηση των θερμοκρασιών της Γης θα μπορούσε να γίνει πραγματικότητα πριν από το τέλος του εικοστού πρώτου αιώνα. Οι συνέπειες από μια τέτοια αύξηση στη μέση θερμοκρασία θα ήταν καταστροφικές.

ΧΡΟΝΟΛΟΓΩΝΤΑΣ ΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ Πριν από τον δέκατο ένατο αιώνα, το παρελθόν ανήκε είτε στην «Ιστορία» είτε σε μια ασαφή «προϊστορία» – μια περίοδο, δηλαδή, όπου είχαν συμβεί –ή πίστευαν πως είχαν συμβεί– πράγματα σε κάποιον απροσδιόριστο χρόνο προτού εμφανιστεί η τήρηση αρχείων. Η Ιστορία είχε συνέχεια και βάθος. Ήταν σαφές ότι η πτώση της Ρώμης συνέβη πριν από τη μεγάλη πυρκαγιά του Λονδίνου. Επίσης καθένας ήξερε πόσα χρόνια είχαν περάσει ανάμεσα στα δύο αυτά γεγονότα. Όμως με την προϊστορία υπήρχε ελάχιστη συνέχεια και καθόλου βάθος. Οτιδήποτε είχε σημειωθεί προτού αρχίσει η τήρηση αρχείων, απλώς είχε συμβεί «πριν από πολλά χρόνια».

Τη γνώση που έχουμε σήμερα για το παρελθόν την οφείλουμε σε δύο επιστήμες: στη *στρωματογραφία* και τη *γεωχρονολόγηση*. Η στρωματογραφία είναι η μελέτη των αλληπαλλήλων στρώσεων πετρωμάτων ή άλλων επιθεμάτων στο φλοιό της Γης. Η γεωχρονολόγηση είναι η επιστήμη της χρονολόγησής τους.

Η στρωματογραφία ανακαλύφθηκε πρώτη. Καθώς οι αρχαιολόγοι έκαναν ανασκαφές σε θέσεις όπου βρίσκονταν αρχαίες πόλεις όπως η Τροία και η Ιερικώ, απέκτησαν εμπειρία στο να εντοπίζουν τη σειρά των διαδοχικών οικισμών στην ίδια περιοχή και τον ιδιαίτερο χαρακτήρα των αγγείων, των εργαλείων κτλ. που σχετίζονταν με κάθε στρώμα. Αυτό τους έδωσε τη δυνατότητα να διαμορφώσουν μια εικόνα για τον κάθε πολιτισμό και τις μεταβολές που υπέστη στην πορεία του χρόνου. Η στρωματογραφία ήταν επίσης σημαντική στον προσδιορισμό της σχετικής ηλικίας των ανθρώπινων λειψάνων του προηγούμενου πολιτισμού. Η προσεκτική μελέτη των επιθεμάτων μέσα στα οποία εντοπίστηκαν έδωσε τη δυνατότητα να προσδιοριστεί η σειρά με την οποία εναποτέθηκαν και να γίνει συσχετισμός ανάμεσα σε ευρήματα από πολύ μακρινές τοποθεσίες. Αυτό με τη σειρά του έδωσε τη δυνατότητα να προσδιοριστούν οι κυριότερες φάσεις της εξέλιξης του ανθρώπινου πολιτισμού –η Εποχή του Χαλκού, η Εποχή του Σιδήρου κτλ.– που αποτελούν το πλαίσιο χρονολόγησης για την αρχαιολογία.

Ενώ οι αρχαιολόγοι χρησιμοποιούσαν τη στρωματογραφία για να μελετήσουν την ανθρώπινη προϊστορία, οι γεωλόγοι εφάρμοζαν παρόμοιες μεθόδους για την προϊστορία της Γης. Από τα μέσα του δέκατου όγδοου μέχρι τα μέσα του δέκατου ένατου αιώνα κατάφεραν να υπολογίσουν τη σχετική ηλικία των διαφόρων πετρωμάτων από τα οποία είχε σχηματιστεί ο φλοιός της Γης. Επίσης ονομάτισαν και περιέγραψαν τη σειρά των γεωλογικών περιόδων –Κρητιδική, Ιουρασική κτλ.– από τις οποίες πέρασε ο φλοιός. Στην προσπάθειά τους αυτή έγινε σαφές ότι οι αλλαγές που σημειώθηκαν δε θα μπορούσαν να είχαν συντελεστεί μέσα σε μερικές χιλιάδες

χρόνια και άρχισαν να υποπτεύονται ότι τα πετρώματα, καθώς και τα λείψανα ζώων και φυτών που εμπεριείχαν, θα μπορούσαν να είναι ηλικίας εκατομμυρίων ή ακόμα και εκατοντάδων εκατομμυρίων ετών. Όμως και αυτοί, όπως και οι αρχαιολόγοι, μπορούσαν να αποδείξουν μόνο τη *σχετική* και όχι την απόλυτη ηλικία, και οι αντίπαλοί τους είχαν κάθε δικαίωμα να απορρίπτουν και να λαιμορύνουν τις θεωρίες τους.

Στο διάστημα 1850-1950 η μελέτη της προϊστορίας άλλαξε, χάρη στην ανάπτυξη τεχνικών που έδωσαν τη δυνατότητα να χρονολογηθούν στοιχεία του μακρινού παρελθόντος, μετατρέποντας έτσι την αρχαιολογία και τη γεωλογία από απόπειρες για αφήγηση ιστοριών σε επιστήμες. Τρία παραδείγματα τέτοιων τεχνικών είναι η ανάλυση των δακτυλίων στους κορμούς των δέντρων (δενδροχρονολόγηση) και ο προσδιορισμός της ηλικίας αντικειμένων με τη βοήθεια του ραδιενεργού άνθρακα ή του ουρανίου 238 (ραδιοχρονολόγηση).

Η *δενδροχρονολόγηση* είναι ο προσδιορισμός της ηλικίας των ξύλινων αντικειμένων με τη βοήθεια των δακτυλίων στο ξύλο. Σε περιοχές με εύκρατο κλίμα, όπου υπάρχει σαφής διαχωρισμός των εποχών του έτους, τα δέντρα δεν παράγουν ξύλο στη διάρκεια του χειμώνα. Κάθε χρόνος ανάπτυξης σηματοδοτείται με ένα «δακτύλιο». Ένα δέντρο ηλικίας 70 ετών θα παρουσιάζει 70 δακτυλίους σε μια τομή κάθετη προς τον κορμό του. Στις χρονιές που είχαν υψηλές θερμοκρασίες και πολλές βροχοπτώσεις οι δακτύλιοι είναι πλατύτεροι απ' ό,τι στις χρονιές με κρύο και ανομβρία. Συνεπώς οι δακτύλιοι δεν αποκαλύπτουν απλώς την ηλικία του δέντρου, αλλά δίνουν και πληροφορίες για τις διάφορες συνθήκες ανάπτυξης από χρόνο σε χρόνο. Με τη μελέτη των δακτυλίων στους κορμούς πολυετών δέντρων που συνεχίζουν

να αναπτύσσονται, έχουμε τη δυνατότητα να κατασκευάζουμε κλίμακες που δείχνουν τη σειρά των ευνοϊκών και των δυσμενών ετών ανάπτυξης στις διάφορες περιοχές, φτάνοντας μέχρι και εκατοντάδες ή ακόμα και χιλιάδες χρόνια πριν. Αν υπάρχει δυνατότητα να προσδιοριστεί η σειρά των κορμών των δέντρων από τους οποίους κατασκευάστηκε ένα ξύλινο σπίτι ή μια βάρκα, τότε μπορεί κάποιος να πει πού είχαν φυτρώσει αυτά τα δέντρα και ποια εποχή κόπηκαν. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στους επιστήμονες να διατυπώσουν μια ασφαλή εικασία για το πότε κατασκευάστηκε το σπίτι ή η βάρκα.

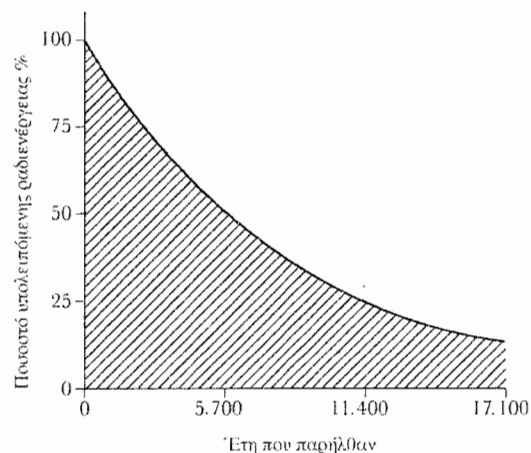
Ο προσδιορισμός της ηλικίας με τη βοήθεια του ραδιενεργού άνθρακα είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ηλικίας δειγμάτων φυτών ή ζώων μέχρι και 40.000 χρόνια πριν. Καθώς τα ζώα και τα φυτά προσλαμβάνουν την τροφή τους, απορροφούν άνθρακα από αυτήν, ο οποίος εναποτίθεται στα οστά των ζώων και στους ιστούς των φυτών – στο ξύλο, στην περίπτωση ενός δέντρου. Ένα μέρος αυτού του άνθρακα είναι άνθρακας 14, ο οποίος υφίσταται συνεχή μείωση στη ραδιενέργειά του. Όταν πεθάνει το ζώο, παύει η πρόσληψη άνθρακα, αλλά ο άνθρακας 14 συνεχίζει να φθαίρεται και να μετατρέπεται σε άλλα στοιχεία με ένα δεδομένο και υπολογισμένο ρυθμό. Αν αναλύσουμε ένα οστό ή ένα κομμάτι ξύλο, το επίπεδο της ραδιενέργειας που παρουσιάζει μας δίνει τη δυνατότητα να εκτιμήσουμε το χρόνο που παρήλθε από το θάνατο του ζώου ή του δέντρου. Για χρονολογίες κοντινές με τη σημερινή, η μέθοδος είναι πολύ αναξιόπιστη και δεν έχει πρακτική αξία. Ακόμα και για χρονολογίες του λιγότερο κοντινού παρελθόντος απαιτείται μεγάλη προσπάθεια και δεξιότητα για να ληφθούν αξιόλογα αποτελέ-

σματα. Όμως για αντικείμενα ηλικίας πολλών εκατοντάδων ή χιλιάδων ετών, που ο χειρισμός και η ανάλυσή τους έγινε με ιδιαίτερη προσοχή, το περιθώριο σφάλματος μπορεί να διατηρηθεί μέσα σε αποδεκτά όρια.

Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΟΡΟΥ «ΗΜΙΣΕΙΑ ΖΩΗ» Η ημίσεια ζωή ενός ραδιενεργού στοιχείου είναι ο χρόνος που χρειάζεται η ραδιενέργειά του για να μειωθεί κατά 50%. Ο άνθρακας 14 έχει ημίσεια ζωή 5.700 έτη. Ένα οστό ή ιστός φυτού ηλικίας 5.700 ετών θα παρουσιάζει το 50% της ραδιενέργειας που θα παρουσίαζε στην εποχή του θανάτου του. Ένα δείγμα ηλικίας 11.400 ετών θα έχει μόλις το 25% της ραδιενέργειας αυτής. Έπειτα από 40.000 χρόνια το ποσοστό ραδιενέργειας θα ανέρχεται στο 2%. Το ουράνιο 238 φθαίρεται με παρόμοιο τρόπο αλλά η ημίσεια ζωή του είναι 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια.

Ο όρος «ημίσεια ζωή» δε σημαίνει τη μισή διάρκεια ζωής μιας ουσίας. Παρόλο που η ημίσεια ζωή του άνθρακα 14 είναι 5.700 χρόνια, η ραδιενέργειά του δεν εξαφανίζεται τελείως μέσα σε 11.400 χρόνια. Ύστερα από 11.400 χρόνια παραμένει μόνο το μισό του μισού, δηλαδή το ένα τέταρτο, της ραδιενέργειάς του. Κι όπως γίνεται σαφές από την Εικόνα 14 (βλέπε επόμενη σελίδα), σημαντικά ποσοστά ραδιενέργειας συνεχίζουν να υπάρχουν και πολύ καιρό μετά την παρέλευση χρόνου ίσου με δύο ημίσειες ζωές.

Ο προσδιορισμός της ηλικίας με τη βοήθεια του ουρανίου 238 στηρίζεται στην ίδια αρχή. Το ουράνιο 238 είναι μια ραδιενεργός μορφή του ουρανίου –ένα ισότοπο– που φθαίρεται με πολύ πιο αργό ρυθμό από ό,τι ο άνθρακας 14. Αυτό το καθιστά τέλειο εργαλείο για τη μέτρηση της ηλικίας των πετρωμάτων. Το τελικό προϊόν της διαδικασίας της φθοράς



Εικόνα 14. Η καμπύλη ημίσειας ζωής του άνθρακα 14

είναι ο μόλυβδος. Αν αναλύσουμε ένα πέτρωμα που περιέχει ουράνιο, η αναλογία μολύβδου προς ουράνιο 238 στο δείγμα αποκαλύπτει πόσο παλιό είναι το πέτρωμα. Χρησιμοποιώντας αυτή και παρόμοιες τεχνικές που στηρίζονται σε άλλα ραδιενεργά μέταλλα, οι γεωλόγοι έχουν προσδιορίσει την ηλικία των παλαιότερων πετρωμάτων του φλοιού της Γης, που είναι 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια. Δείγματα από μετεωρίτες δείχνουν ότι η ηλικία του ηλιακού συστήματος είναι 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια.

ΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ Οι γεωλόγοι χωρίζουν το παρελθόν σε αιώνες: τον Προτεροζωικό, τον Παλαιοζωικό, το Μεσοζωικό και τον Καινοζωικό. Αυτοί υποδιαιρούνται σε περιόδους και οι πιο πρόσφατες περίοδοι υποδιαιρούνται σε εποχές. Τα παλιότερα απολιθώματα χρονολογούνται πριν από 3.000 εκατομμύρια χρόνια. Πριν από 500 εκατομμύρια

χρόνια, στη διάρκεια της γνωστής ως «έκρηξης της Καμβρίας Περιόδου», σημειώθηκε μια διαφοροποίηση της ζωής σε μορφές που ήταν οι προπομποί των μεγάλων διαίρέσεων του φυτικού και του ζωικού βασιλείου που γνωρίζουμε σήμερα. Έκτοτε το γεωλογικό ημερολόγιο έχει χωριστεί ως εξής:

Περίοδος	Εποχή	Από (εκατ. χρόνια πριν)	Έως	Εμφάνιση μορφών ζωής
Κάμβρια		550	500	
Ορδοβίγια		500	440	Ψάρια
Σιλούρια		440	410	Φυτά ξηράς
Δεβόνια		410	360	Έντομα
Λιθανθρακοφόρα		360	285	Ερπετά
Πέρμια		285	245	
Τριαδική		245	210	Δεινόσαυροι, Θηλαστικά
Ιουρασική		210	145	Πουλιά
Κρητιδική		145	65	Ανθοφόρα φυτά
Τριτογενής	Παλαιόκαινο	65	57	Άλογα
	Ηώκαινο	57	34	Μαϊμούδες
	Ολιγόκαινο	34	23	Πίθηκοι
	Μειόκαινο	23	5	Πρώτα ανθρωποειδή
	Πλειόκαινο	5	1,8	Πρώτοι άνθρωποι
Τεταρτογενής	Πλειστόκαινο	1,8	0,01	Σύγχρονοι άνθρωποι
	Ολόκαινο	0,01		
	Πρόσφατη εποχή	(10.000 χρ. πριν)	Σύγχρονη εποχή	

ΦΥΣΙΚΟ Ή ΣΧΕΔΙΑΣΜΕΝΟ; Το 1802 κυκλοφόρησε στην Αγγλία ένα βιβλίο που περιείχε μία από τις πιο ισχυρές εικόνες που δημιουργήθηκε ποτέ από επιστημονική συζήτηση. Ήταν μια εικόνα που μάγευε τους αναγνώστες και

μέχρι σήμερα έχει τη δύναμη να πείσει. Το βιβλίο είχε ως τίτλο *Φυσική θρησκεία* και ο συγγραφέας του ήταν ένας κληρικός ονόματι Ουίλιαμ Πάλεϊ.

Ο Πάλεϊ καλούσε τους αναγνώστες του να κάνουν ένα νοητικό πείραμα. Φανταστείτε, τους έλεγε, έναν ταξιδιώτη που ενώ διασχίζει μια ερημική περιοχή βρίσκει ένα ρολόι. Θα γνώριζε ότι αυτό δεν ήταν ένα φυσικό αντικείμενο, αλλά *σχεδιασμένο*. Επίσης θα γνώριζε ότι πρέπει να υπήρχε ένας *σχεδιαστής*. Με τον ίδιο τρόπο, υποστήριζε ο Πάλεϊ, όποιος δει ένα λουλούδι ή μια πεταλούδα και παρατηρήσει την περίπλοκη κατασκευή τους και την τέλεια προσαρμογή στον τρόπο ζωής τους, πρέπει να τα ερμηνεύσει ως *πλασμένα αντικείμενα* και να δεχθεί ότι και αυτά είχαν κάποιο δημιουργό.

Για τους περισσότερους αναγνώστες του Πάλεϊ, αυτό ήταν ένα επιχείρημα που έκανε να φαίνεται ανόητη η άποψη ότι οι όμορφες προσαρμογές που συναντώνται στη φύση θα μπορούσαν να είχαν προκύψει ως αποτέλεσμα μιας διαδικασίας που λέγεται «εξέλιξη». Η άποψη του Πάλεϊ και η εικόνα στην οποία ενσαρκωνόταν κράτησε το ζήτημα ουσιαστικά χωρίς αντίλογο για εξήντα χρόνια μετά την έκδοση του βιβλίου του. Το 1859, όμως, κάποιος άλλος αμφισβήτησε έντονα το επιχείρημά του και κατέδειξε ότι αυτό το φαινόμενο της τέλει προσαρμογής θα μπορούσε εξίσου εύκολα να εξηγηθεί με μια διαδικασία σταδιακής εξέλιξης της ίδιας ακριβώς μορφής που ο Πάλεϊ είχε αποφασίσει να καταρρίψει.

Ο ΔΑΡΒΙΝΟΣ ΚΑΙ Η ΦΥΣΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ Ο άνθρωπος που ανασκεύασε το επιχείρημα του Πάλεϊ και ξεκίνησε την επανασταση η οποία καθόρισε τη μελλοντική πορεία της βιολογίας ήταν ο Τσαρλς Ντάρβουιν – ή Κάρολος Δαρβίνος: γιος ενός

Αγγλου γιατρού, γεννήθηκε στην εμπορική κωμόπολη Σριούσπερι το 1809. Το φθινόπωρο του 1828, ως 19χρονος φοιτητής του Κέμπριτζ, πέρασε από τις ίδιες πανεπιστημιακές αίθουσες από τις οποίες είχε περάσει κι ο Πάλεϊ εβδομήντα χρόνια νωρίτερα. Το βιβλίο του Πάλεϊ ήταν ένα από τα βιβλία που διδασκόταν ο Δαρβίνος και μάλιστα τον είχε γοητεύσει με τα επιχειρήματά του. Μόλις πήρε το πτυχίο του, σε ηλικία 22 ετών, ξεκίνησε μια θαλάσσια περιήγηση σε ολόκληρο τον κόσμο με την ιδιότητα του φυσιοδίφη. Οι παρατηρήσεις που έκανε στη διάρκεια του ταξιδιού του πυροδότησαν μια σειρά από συλλογισμούς που τον έκαναν να αλλάξει απόψεις και τελικά τον οδήγησαν σε ένα διαμετρικά αντίθετο συμπέρασμα.

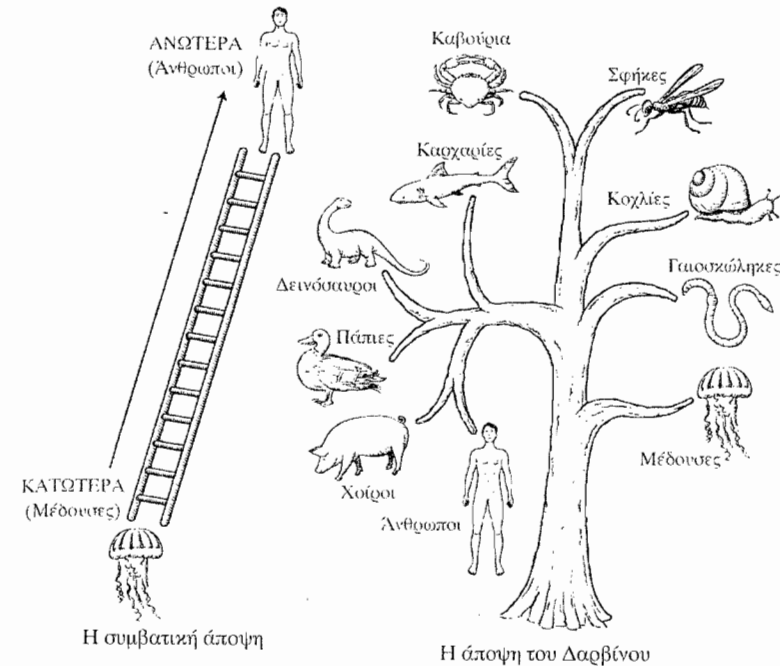
Στη Νότια Αμερική ο Δαρβίνος ανακάλυψε λείψανα από εξαφανισμένα πλάσματα που έδειχναν να έχουν *οικογενειακή ομοιότητα* με ζώντα θηλαστικά στις ίδιες περιοχές. Στα νησιά Γκαλαπάγος ανακάλυψε διάφορα είδη πουλιών που και αυτά έδειχναν να έχουν μια *οικογενειακή ομοιότητα* μεταξύ τους, αλλά δεν παρουσίαζαν καμία ομοιότητα με τα πουλιά σε παρόμοια περιβάλλοντα σε άλλα μέρη του κόσμου. Ο Πάλεϊ είχε επικαλεσθεί την τέλεια προσαρμογή των φυτών και των ζώων σύμφωνα με τις συνθήκες και τον τρόπο ζωής ως αποδείξεις της θεϊκής δημιουργίας. Ωστόσο, με βάση αυτό το επιχείρημα κάποιος θα περίμενε να βρει παρόμοια είδη σε παρόμοια περιβάλλοντα σε κάθε γωνιά του κόσμου. Αυτό που εντυπωσίασε τον Δαρβίνο ήταν η τεράστια *διαφορά* στις μορφές ζωής σε παρόμοια περιβάλλοντα τα οποία όμως απείχαν πολύ μεταξύ τους.

Το 1838, δύο χρόνια μετά την επιστροφή του, είδε έναν ουραγοτάγκο σε ένα ζωολογικό κήπο και συνειδητοποίησε ότι οι πίθηκοι και τα ανθρώπινα όντα παρουσίαζαν κοινά

στοιχεία που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν οικογενειακές ομοιότητες. Από 28 έως 34 ετών ασχολήθηκε πολύ με τη μελέτη και τη σκέψη. Το 1844 είχε ολοκληρώσει ουσιαστικά τη θεωρία του για την εξέλιξη μέσω φυσικής επιλογής. Σε ένα μη δημοσιευμένο δοκίμιο που έγραψε τον ίδιο χρόνο, εξηγούσε τη θαυμαστή ποικιλία του φυσικού κόσμου ως απόδειξη μιας μακράς διαδικασίας εξέλιξης κάτω από την πίεση περιβαλλοντικών παραγόντων και του αγώνα για την επιβίωση ανάμεσα στα ανταγωνιστικά είδη αλλά ακόμα και μέσα στο ίδιο είδος.

Μέσα στο κλίμα που επικρατούσε εκείνη την εποχή δύσκολα κάποιος θα τολμούσε να παρουσιάσει μια τέτοια εργασία. Γι' αυτό και τύλιξε το δοκίμιό του σε φτηνό χαρτί περιτυλίγματος και το έκρυψε σε ένα ντουλάπι. Το έβαλε εκεί μαζί με μια επιστολή που απευθυνόταν στη σύζυγό του με την οποία της έδινε εντολή να το δημοσιεύσει μετά το θάνατό του. Αν δεν τον είχε παρακινήσει έπειτα από μια δεκαπενταετία μια επιστολή από έναν άλλο φυσιοδίφη που υποστήριζε την ίδια ιδέα, οι σκέψεις του πιθανόν να είχαν παραμείνει κρυμμένες από τον κόσμο μέχρι μετά το θάνατό του.

ΔΥΟ ΑΠΟΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ Ο Δαρβίνος δεν ήταν ο πρώτος που έθιξε την ιδέα της εξέλιξης. Ο παππούς του, ο Έρασμος Δαρβίνος, είχε εκδώσει ένα μακροσκελές ποίημα γι' αυτή. Ο Γάλλος φυσιοδίφης Λαμάρκ είχε γράψει ένα βιβλίο με τίτλο *Η φιλοσοφία της ζωολογίας*, στο οποίο είχε υποστηρίξει με πάθος ότι τα σύγχρονα είδη είχαν προκύψει από μια διαδικασία εξέλιξης από παλαιότερες, απλούστερες μορφές ζωής. Ωστόσο, ο Δαρβίνος ήταν ο πρώτος που μπόρεσε να προτείνει ένα μηχανισμό με τον οποίο θα μπορούσε



Εικόνα 15. Δύο απόψεις για την εξέλιξη

Οι περισσότεροι οπαδοί της εξέλιξης θεωρούσαν το ανθρώπινο είδος την κορύφωση μιας προόδου από το χαμηλότερο προς κάτι υψηλότερο. Ο Δαρβίνος έβλεπε την ανθρωπότητα ως ένα κλαδάκι στο εκτενές δέντρο της εξέλιξης.

να συμβεί· ένα μηχανισμό που υποστηριζόταν από αναλυτική επιχειρηματολογία και πλήθος αποδεικτικών στοιχείων. Και υπήρχε μια κρίσιμη διαφορά ανάμεσα στην άποψή του και σ' εκείνη άλλων οπαδών της θεωρίας της εξέλιξης.

Πριν από τον Δαρβίνο η εικόνα που είχαν οι οπαδοί της

θεωρίας της εξέλιξης ήταν εκείνη της κλίμακας που οδηγούσε από τις αρχαίες, απλούστερες μορφές ζωής στην ανώτατη βαθμίδα, όπου βρισκόταν ο σύγχρονος άνθρωπος με αποκλειστική μεγαλοπρέπεια. Η εικόνα που σχηματιζόταν με βάση την άποψη του Δαρβίνου για την εξέλιξη ήταν τελείως διαφορετική. Δεν εμπεριείχε καμία άποψη για «κατώτερες» ή «ανώτερες» μορφές ζωής. Ήταν ένα δέντρο του οποίου τα εκτεινόμενα κλαδιά παρίσταναν τις ζωντανές και τις αφανισμένες μορφές ζωής που είχαν εξελιχθεί από μια κοινή καταγωγή. Πάνω στο δέντρο του το ανθρώπινο είδος αποτελούσε απλώς ένα κλαδάκι σε ένα κλωνάρι που δεν είχε μεγαλύτερη σπουδαιότητα από κανένα άλλο κλωνάρι του δέντρου της ζωής.

Η ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΟΥ ΔΑΡΒΙΝΟΥ Η συμβολή του Δαρβίνου στη βιολογία δεν ήταν η ιδέα της εξέλιξης· ήταν η ανακάλυψη της διαδικασίας με την οποία συντελείται η εξέλιξη. Ο Δαρβίνος ασχολήθηκε με τις ομοιότητες που υπάρχουν ανάμεσα στις εν ζωή και τις εξαφανισμένες μορφές ζωής και ανάμεσα σε έμβια είδη σε παρακείμενες περιοχές, και τις ερμήνευσε ως απόδειξη της κοινής καταγωγής. Μελέτησε το έργο των καλλιεργητών και των κτηνοτρόφων και παρατήρησε πώς ήταν σε θέση να εκμεταλλεύονται κληρονομήσιμες διαφορές ανάμεσα σε μέλη του ίδιου είδους για να δημιουργούν νέες ποικιλίες. Αυτό το αποκάλεσε *τεχνητή επιλογή*. Υπέθεσε ότι μια παρόμοια διαδικασία επιλογής συνέβαινε στη φύση και ότι αυτή θα μπορούσε, σε μια μεγάλη χρονική περίοδο, να δώσει την ευκαιρία να αναπτυχθούν εντελώς νέα είδη. Στην τεχνητή επιλογή, ο φορέας επιλογής ήταν το χέρι του καλλιεργητή ή κτηνοτρόφου. Στη φύση, ήταν ο αγώνας για τη ζωή, δηλαδή ο ανταγωνισμός μεταξύ ειδών, και μέσα

στο ίδιο είδος, για τα μέσα της ύπαρξης. Τη διαδικασία αυτή την ονόμασε *φυσική επιλογή*.

Η ερμηνεία που έδωσε ο Δαρβίνος ήταν διαφορετική από εκείνη του Λαμάρκ. Ο Λαμάρκ πίστευε ότι η εξέλιξη ήταν αποτέλεσμα της μεταβίβασης επίκτητων χαρακτηριστικών. Τα ζώα της ξηράς, με άλλα λόγια, μάθαιναν να κολυμπούν και οι απόγονοί τους κληρονομούσαν αυτή την *επίκτητη δεξιότητα* και γίνονταν υδρόβια ζώα. Η άποψη του Δαρβίνου ήταν ότι, αν οι συνθήκες άλλαζαν κατά τρόπο ο οποίος ευνοούσε τα ζώα που ήταν εκ φύσεως σε καλύτερη θέση να αντεπεξέρχονται στο νερό, θα επιβίωναν και θα μεταβίβαζαν αυτή την *έμφυτη* δεξιότητα στους απογόνους τους, γεγονός που θα οδηγούσε στην κατάλληλη χρονική στιγμή σε ένα είδος που συλλογικά ήταν καλύτερα προσαρμοσμένο στη ζωή στο νερό.

ΟΙ ΣΧΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΖΩΩΝ Όλες οι ομοιότητες δεν είναι οικογενειακές. Ας πάρουμε το σκαντζόχοιρο. Μπροστά έχει ρύγχος και πίσω ουρά, και σκαλίζει διαρκώς το έδαφος. Επίσης γρυλίζει και σκληρίζει σαν το χοίρο. Δείχνει ότι μπορεί να έχει σχέση με το χοίρο. Ωστόσο, η μεταξύ τους σχέση είναι τόσο στενή όσο και του ποντικού με το γορίλα. Αυτός που τον ονόμασε σκαντζόχοιρο έπεσε πάρα-πολύ έξω.

Ο σκαντζόχοιρος είναι εντομοφάγο ζώο. Είναι απλώς μακρινός συγγενής του χοίρου. Αν ένας χοίρος θέλει να συναντήσει ένα στενό συγγενή του, είναι πιθανότερο να το πετύχει αν πάει σε μια παραλία παρά αν σταθεί δίπλα στο φράχτη. Ο χοίρος και η φώκαινα –είδος δελφινιού– είναι ξαδέλφια αν τους βγάλεις το δέρμα. Η φώκαινα συγκαταλέγεται στα υδρόβια θηλαστικά, μια ομάδα που σχετίζεται στενά με τα

αρτιοδάκτυλα –δηλαδή τα θηλαστικά που έχουν οπλές–, στα οποία ανήκουν οι χοίροι και τα πρόβατα. Τα απολιθώματα από τετράποδες φάλαινες πριν από 50 εκατομμύρια χρόνια δείχνουν πόσο στενή είναι αυτή η σχέση.

Όλα ανάγονται στην εξέλιξη. Όταν οι πρόγονοι της φώκαινας μπήκαν στη θάλασσα, αποχαιρέτησαν τους συγγενείς τους που παρέμειναν στη στεριά, τους προγόνους των προβάτων και των χοίρων. Κάτω από την πίεση της φυσικής επιλογής, οι δύο γραμμές παρουσίασαν απόκλιση και τώρα μόνο ένας έμπειρος ζωολόγος θα σκεφτόταν να τις εντάξει στην ίδια ομάδα. Όμως αν δείτε μια φώκαινα, τολμήστε να την αποκαλέσετε «θαλάσσιο χοίρο»· η επιστήμη θα σταθεί στο πλευρό σας.

Ο ΜΑΡΣΙΠΟΦΟΡΟΣ ΛΥΚΟΣ ΤΗΣ ΤΑΣΜΑΝΙΑΣ Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα του πώς η εμφάνιση μπορεί να σε παραπλανήσει είναι ο λύκος της Τασμανίας ή θυλακίνος. Παρόλο που έμοιαζε με λύκο, δεν ήταν ούτε καν θηλαστικό με πλακούντα. Ήταν μαρσιποφόρο, σαν το καγκουρό. Για μία ακόμα φορά η σύγχυση ήταν αποτέλεσμα της εξέλιξης. Ο χοίρος και η φώκαινα εξελίχθηκαν από έναν κοινό πρόγονο ως αποτέλεσμα της *απόκλισης*: μιας αλλαγής στη μορφή ως αντίδραση προς διαφορετικά περιβάλλοντα. Ο λύκος και οι θυλακίνος είναι παραδείγματα *σύγκλισης*: ζώα με πολύ διαφορετικούς προγόνους από τους οποίους εξελίχθηκαν εξωτερικά όμοιες μορφές ως αποτέλεσμα προσαρμογής σε παρόμοια περιβάλλοντα.

Δυστυχώς, δεν πρόκειται να δείτε ποτέ θυλακίνο. Οι θυλακίνοι του δέκατου ένατου αιώνα έκαναν το λάθος να λατρεύουν τα πρόβατα και το αποτέλεσμα ήταν η επικήρυξη

τους. Ο τελευταίος θυλακίνος πέθανε το 1936 κλεισμένος σε ένα ζωολογικό κήπο.

Ο ΑΛΦΡΕΝΤ ΡΑΣΤ Ο ΟΥΑΛΑΣ Ο Άγγλος Άλφρεντ Ράσελ Ουάλας ήταν ένας από τους σπουδαιότερους φυσιοδίφες του δέκατου ένατου αιώνα. Ήταν γόνος μιας σχετικά φτωχής οικογένειας και αρχικά εργάστηκε ως βοηθός τοπογράφου. Σε ηλικία είκοσι ετών και κάτι ξεκίνησε μια εκστρατεία στη Νότια Αμερική για να αναζητήσει είδη που θα μπορούσε επιστρέφοντας στην Αγγλία να πουλήσει σε συλλέκτες. Μέσα στα τέσσερα χρόνια που παρέμεινε στη ζούγκλα συγκέντρωσε μια υπέροχη συλλογή, αλλά την έχασε όταν το πλοίο που τη μετέφερε βυθίστηκε λόγω κακοκαιρίας. Εκείνος απτόητος ταξίδεψε στις Ανατολικές Ινδίες και ξεκίνησε μια καινούργια συλλογή. Ενώ βρισκόταν εκεί, το 1858, συνέλαβε μόνος του την ιδέα της εξέλιξης μέσω φυσικής επιλογής την οποία ο Δαρβίνος καλλιεργούσε επί μια εικοσαετία. Γνωρίζοντας τη φήμη του Δαρβίνου, αλλά μη ξέροντας την έκταση των θεωριών του, του έστειλε μια επιστολή στην οποία του ανέπτυξε τις σκέψεις του. Όταν ο Δαρβίνος αποκάλυψε το χαρακτήρα της δικής του θεωρίας, καθώς και τα αποδεικτικά στοιχεία που είχε συγκεντρώσει για να την υποστηρίξει, ο Ουάλας ήταν ο πρώτος που επέλεξε να ενημερώσει. Για όλη την υπόλοιπη ζωή του ο Ουάλας ήταν εκείνος που ενημέρωνε πάντα πρώτο ο Δαρβίνος. Τη φήμη του την εξασφάλισε με το βιβλίο *Το Μαλαϊκό Αρχιπέλαγος* (1869), το οποίο δημοσίευσε μόλις επέστρεψε.

Η απώλεια των δειγμάτων από τη Νότια Αμερική ήταν απλώς μία από τις πολλές ατυχίες που έπληξαν τον Ουάλας στη διάρκεια της καριέρας του. Το 1870 είχε την ατυχία να

συναναστρέφεται με έναν από τους οπαδούς της άποψης ότι η Γη ήταν επίπεδη, τον Τζον Χάμπντεν. Ο Χάμπντεν είχε δημοσιεύσει μια αγγελία στην οποία έλεγε ότι θα κατέβαλλε μέχρι και 500 αγγλικές λίρες –σημερινά χρήματα 30.000 λίρες ή περίπου 42.000 ευρώ– σε όποιον μπορούσε να αποδείξει ότι η Γη ήταν σφαιρική, «αποδεικνύοντας ότι είχε έναν κυρτό ποταμό, κανάλι ή λίμνη». Όποιος δεχόταν αυτό το στοίχημα έπρεπε να καταβάλει ένα αντίστοιχο ποσό σε περίπτωση που το πείραμα ήταν ανεπιτυχές. Ο Ουάλας, σίγουρος για την επιτυχία του, δέχτηκε την πρόκληση.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε ένα κανάλι μήκους 9,6 χιλιομέτρων, το Μπέντφορντ Λέβελ. Ο Ουάλας είχε υπολογίσει από τις γνωστές διαστάσεις της Γης ότι αν τρεις δείκτες τοποθετούνταν σε ίδιο ύψος πάνω από το νερό σε απόσταση 4,8 χιλιομέτρων ο ένας με τον άλλο πάνω σε γέφυρες του καναλιού, ο μεσαίος, αν τον έβλεπε κάποιος με τηλεσκόπιο, θα εμφανιζόταν 1,5 μέτρα ψηλότερος από τους άλλους δύο. Ο κριτής του Χάμπντεν –που κι αυτός πίστευε ότι η Γη ήταν επίπεδη– κοίταξε μέσα στο τηλεσκόπιο και ωμά αποφάνθηκε ότι οι τρεις δείκτες ήταν απόλυτα ευθυγραμμισμένοι. Ωστόσο, ο κριτής του Ουάλας επιβεβαίωσε ότι το αποτέλεσμα ήταν αυτό που είχε προβλέψει ο Ουάλας και ανακήρυξε εκείνον νικητή. Επακολούθησε μια μακρά και έντονη διαμάχη στην πορεία της οποίας ο Χάμπντεν φυλακίστηκε για συκοφαντική δυσφήμιση. Αν και η επιστημονική βάση του Ουάλας ήταν έγκυρη, και παρόλο που η απόδειξή του ήταν άψογη, το περιστατικό δεν έκανε καθόλου καλό στη φήμη του. Τελικά κατάφερε να κρατήσει τις 500 λίρες, αλλά η περιπέτεια στην οποία μπήκε με αυτό το στοίχημα του κόστισε τελικά πολύ περισσότερα από το ποσό που κέρδισε.

ΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΕΝΤΕΛ Η πόλη του Μπρνο (πρώην Μπριν), η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη στη σύγχρονη Δημοκρατία της Τσεχίας, ήταν η γενέτειρα του πυροβόλου Μπρεν, στο οποίο έδωσε το όνομά της. Στα μέσα του δέκατου ένατου αιώνα γεννήθηκε εκεί κάποιος που της χάρισε ακόμα μεγαλύτερη αίγλη, αφού εκεί πραγματοποίησε ένα από τα πιο σημαντικά πειράματα στην ιστορία της βιολογίας. Τον έλεγαν Γκρέγκορ Μέντελ και ήταν μοναχός στη μονή του Αγίου Θωμά της πόλης. Ορισμένοι ιστορικοί έχουν παρουσιάσει το μοναστήρι ως ένα έλος σε μια άγνωστη γη παρά ως αυτό που ήταν πραγματικά: ένα κέντρο πολιτισμού και μάθησης σε μια υπερήφανη, ιστορική και γρήγορα αναπτυσσόμενη βιομηχανική πόλη 70.000 κατοίκων.

Ο Μέντελ, ευφυής γόνος μιας φτωχής αγροτικής οικογένειας, γεννήθηκε το 1822 στο χωριό Χάιντσεντορφ στη γερμανόφωνη περιοχή της Σιλεσίας. Φοίτησε στο σχολείο του χωριού του και στη συνέχεια στο γυμνάσιο της περιοχής και στο Φιλοσοφικό Ινστιτούτο στη γειτονική πόλη Όλμιτς (ή Όλομουτς, στη σημερινή Δημοκρατία της Τσεχίας). Η φτώχεια όμως δεν του επέτρεψε να φοιτήσει στο πανεπιστήμιο και το 1843 έγινε μοναχός έπειτα από πρόταση ενός καθηγητή του. Το μοναστήρι είχε ιδρυθεί από αυγουστινιανούς και ήταν αφιερωμένο στη διδασκαλία· οι μοναχοί διδασκαν τα μαθηματικά στο Φιλοσοφικό Ινστιτούτο.

Ο Μέντελ ήταν καλά καταρτισμένος σε επιστημονικά θέματα, και ειδικότερα στη φυσική και στα μαθηματικά, ενώ το πρόγραμμα του μοναστηριού του έδινε τη δυνατότητα να ασχοληθεί με την έρευνά του. Αποφάσισε να μελετήσει τις συνέπειες της διασταύρωσης ξεκινώντας με ποντίκια, καθώς η γρήγορη αναπαραγωγή τους διευκόλυνε τη μελέτη

των χαρακτηριστικών των διαδοχικών γενεών. Όταν όμως του επισήμαναν ότι μάλλον δεν ήταν πρόπον για ένα μοναχό να μελετά τη σεξουαλική δραστηριότητα μικρών θηλαστικών, εκείνος έστρεψε την προσοχή του στον κήπο του μοναστηριού. Ο ηγούμενος του παραχώρησε ένα χωράφι διαστάσεων 30 επί 7 μέτρα και ένα θερμοκήπιο, και το 1855 ο Μέντελ άρχισε πάλι τις έρευνές του με ένα λιγότερο ενδιαφέρον είδος: τα μπιζέλια. Επέλεξε 22 είδη και μέσα από προσεκτικά σχεδιασμένα και αυστηρά ελεγχόμενα πειράματα, ανέλυσε την κληρονομικότητα 7 διαφορετικών χαρακτηριστικών μέσω διαδοχικών γενεών.

Έπειτα από δεκατέσσερα χρόνια –και 300.000 μπιζέλια– έγινε ηγούμενος και οι καθημερινές ευθύνες του έθεσαν τέρμα στις εκτενείς έρευνές του. Το έργο του δεν του εξασφάλισε καμία αναγνώριση όσο ζούσε. Πέθανε το 1884 με την αγάπη του κόσμου και με τιμές στη γενέτειρά του, αλλά άγνωστος στο ευρύτερο κοινό. Ο Μέντελ μελέτησε και έκανε εκτενή σχόλια στο βιβλίο *Η καταγωγή των ειδών* του Δαρβίνου, αλλά ο Δαρβίνος πέθανε μόλις δεκαοκτώ μήνες μετά τον Μέντελ χωρίς να γνωρίζει ότι το μυστικό στο ερώτημα που ποτέ δεν κατάφερε να απαντήσει –πώς μεταβιβάζονταν κληρονομικά χαρακτηριστικά από τη μία γενιά στην άλλη– βρισκόταν επί δεκαεπτά χρόνια στα αρχεία ενός τσεχικού μοναστηριού. Ακόμα κι αν το γνώριζε, είναι αμφίβολο αν θα είχε αναγνωρίσει πόσο σπουδαίο ήταν για τη δική του θεωρία. Ο Δαρβίνος δεν τα πήγαινε καλά με τα μαθηματικά και η μορφή με την οποία προβάλλονταν τα αποτελέσματα του Μέντελ δε θα τον συγκινούσαν.

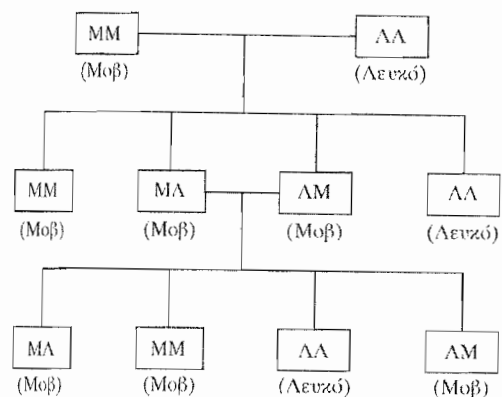
Το έργο του Μέντελ ανακαλύφθηκε εκ νέου στις αρχές του εικοστού αιώνα. Στις αρχές της δεκαετίας του 1930 το

έργο των δύο αυτών βιολόγων παρουσιάστηκε παράλληλα μέσω μιας σύνθεσης που ονομάστηκε νεοδαρβινισμός και από την οποία γεννήθηκε η αντίληψη που έχουμε σήμερα για την εξέλιξη.

ΤΑ ΚΛΗΡΟΝΟΜΟΥΜΕΝΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ Προκειμένου να ελεγχθεί μια ιδέα που συνέλαβε κάποιος επιστήμονας διεξάγονται πολλά επιστημονικά πειράματα· ωστόσο, οι έρευνες του Μέντελ υποκινήθηκαν από την περιέργεια και όχι από έναν προϋδεασμό. Εκείνος απλώς ήθελε να καταλάβει τη διαδικασία της κληρονομικότητας. Επιλέγοντας να κάνει τις έρευνές του σε μπιζέλια στάθηκε πιο τυχερός απ' όσο φανταζόταν. Τα χαρακτηριστικά που μελέτησε –το πράσινο ή το κίτρινο χρώμα, το ζαρωμένο ή το λείο περίβλημα και ούτω καθεξής– είναι χαρακτηριστικά που είτε θα υπάρχουν είτε όχι. Το είδος των μπιζελιών που καλλιέργησε ήταν είτε πράσινα είτε κίτρινα και είτε με λείο είτε με ζαρωμένο περίβλημα. Δεν υπήρχαν ποικιλίες πρασινοκίτρινες ούτε ποικιλίες με επιδερμίδα λεία και ζαρωμένη ταυτόχρονα. Αυτή η διαζευκτική μορφή των χαρακτηριστικών τον διευκόλυνε να παρακολουθήσει την κληρονομικότητα μέσω των διαδοχικών γενεών και να την αναλύσει στατιστικά.

Ο Μέντελ τοποθετούσε ο ίδιος τη γύρη και φρόντιζε να μη γονιμοποιηθεί κανένα από τα φυτά του από έντομα. Τηρούσε προσεκτικά αρχείο των φυτών από τα οποία είχε συλλέξει τη γύρη και σε ποια φυτά την είχε μεταφέρει. Κατ' αυτό τον τρόπο ήξερε ποια φυτά ήταν γονείς τίνων παιδιών. Αυτό που ανακάλυψε –για να πάρουμε ως παράδειγμα το κίτρινο και το πράσινο χρώμα– ήταν ότι όποτε έκανε διασταύρωση ενός κίτρινου μπιζελιού με ένα κίτρινο μπιζέλι, ή ενός πρά-

σινου μπιζελιού με ένα πράσινο μπιζέλι, το «τέκνο» είχε πάντα το ίδιο χρώμα με το γονέα. Όταν όμως έκανε διασταύρωση ενός κίτρινου μπιζελιού με ένα πράσινο μπιζέλι, όλα τα «τέκνα» ήταν κίτρινα. Αν όμως έκανε διασταύρωση δύο κίτρινων μπιζελιών από αυτή τη γενιά της μεικτής πατρότητας, το ένα τέταρτο των «τέκνων» τους ήταν πράσινα. Αυτό αποδείκνυε ότι τα κληρονομούμενα χαρακτηριστικά δεν αναμειγνύονταν, όπως το πράσινο και το κίτρινο χρώμα, αλλά μεταβιβάζονταν στις επόμενες γενιές άθικτα. Την εποχή που ο Μέντελ διεξήγαγε τις έρευνές του, η λέξη *γονίδιο* δεν υπήρχε. Σε σύγχρονους όρους, θα μπορούσαμε να πούμε ότι



Εικόνα 16. Χρώμα του άνθους και η κληρονομικότητα του Μέντελ

Ένα φυτό που διαθέτει μόνο γονίδια για το μοβ χρώμα διασταυρώνεται με ένα που διαθέτει γονίδια μόνο για λευκό. Αν το μοβ χρώμα είναι επικρατέστερο του λευκού, τα τρία τέταρτα των απογόνων θα έχουν μοβ λουλούδια. Αν τα δύο φυτά από τη δεύτερη γενιά με τα μοβ άνθη έχουν κληρονομήσει και τα δύο γονίδια, το ένα τέταρτο των κοινών απογόνων τους είναι πιθανό να έχουν λευκά άνθη.

διαφορετικά γονίδια για το χρώμα μεταβιβάζονταν. Το γονίδιο για το κίτρινο χρώμα ήταν το επικρατέστερο έναντι του γονιδίου για το πράσινο, πράγμα που συγκάλυπτε το γεγονός ότι μερικά από τα φυτά μεικτής πατρότητας κατείχαν το γονίδιο για το πράσινο χρώμα, το οποίο θα μπορούσε να επανεμφανιστεί σε μια κατοπινή γενιά αν ένα φυτό ελάμβανε ένα γονίδιο πράσινου χρώματος και από τους δύο γονείς.

Το έργο του Μέντελ είχε δύο σημαντικά αποτελέσματα. Πρώτον, απέφερε πολλά στατιστικά αποδεικτικά στοιχεία που στην κατάλληλη χρονική στιγμή θα αποτελούσαν τα θεμέλια της επιστήμης της γενετικής. Δεύτερον, εξήγησε δύο έννοιες που θα αποκτούσαν κεντρικό ρόλο σε αυτή την επιστήμη: τον *φαινότυπο* ή την εξωτερική εμφάνιση ενός ζώου ή φυτού, και τον *γενότυπο*, τους κληρονομούμενους και μεταβιβάσιμους παράγοντες που υπάρχουν κάτω από την εμφάνιση.

Η ΠΑΣΤΕΡΙΩΣΗ Όταν ο Τζένερ έδειξε την αποτελεσματικότητα του εμβολιασμού για τον έλεγχο της ευλογιάς, θα μπορούσε κάποιος να σκεφτεί ότι θα ακολουθούσαν σύντομα και παρόμοιες θεραπείες σε άλλες ασθένειες. Όμως πέρασαν εκατόν ογδόντα χρόνια μετά τον πρώτο εμβολιασμό του Τζένερ μέχρι να σημειωθεί η επόμενη πρόοδος, από ένα Γάλλο χημικό, τον Λουί Παστέρ, γιο ενός βυρσοδέψη, που γεννήθηκε το Δεκέμβριο του 1822 στην Ντολ, στον Γαλλικό Ιούρα. Ο Παστέρ δεν ήταν καλός μαθητής. Στον μόνο τομέα όπου έδειχνε κάποια κλίση ήταν η ζωγραφική. Η πρώτη του φιλοδοξία ήταν να γίνει καθηγητής Καλών Τεχνών. Το 1842, έπειτα από ένα διάστημα όπου δίδασκε στο Βασιλικό Κολέγιο της Μπεζανσόν, πήρε το πτυχίο του στη φυσική, αλλά στη χημεία πήρε μέτριο βαθμό. Το 1843, σε ηλικία 21

ετών, κατέλαβε υψηλή θέση στον κατάλογο των εγγραφών για την Εκόλ Νορμάλ στο Παρίσι. Όπως και πολλοί διάσημοι επιστήμονες, έτσι και η δική του πορεία στη ζωή καθορίστηκε από την επιρροή ενός εμπνευσμένου δασκάλου, που στην περίπτωση του ήταν ο Αντουάν Ζερόμ Μπαλάρ. Παρόλο που στην αρχή δεν τα πήγε ιδιαίτερα καλά με αυτό το αντικείμενο, ο Παστέρ ήταν αποφασισμένος να κάνει τη χημεία έργο της ζωής του. Μέσα σε μερικά χρόνια ο πρώην «μέτριος» μαθητής είχε ολοκληρώσει ένα πρόγραμμα έρευνας που τον έκανε διάσημο διεθνώς. Οι έρευνές του για τα οπτικά χαρακτηριστικά των κρυστάλλων των οργανικών ουσιών, που τις τελείωσε σε ηλικία 26 ετών, του απέφεραν το Μετάλλιο Ράμφορντ της Βασιλικής Εταιρείας.

Το 1854 διορίστηκε κοσμήτορας στο Τμήμα Επιστημών του πανεπιστημίου της Λιλ όπου εκδήλωσε ενδιαφέρον για τα προβλήματα του κλάδου των οινοποιιών, που έχανε τεράστια χρηματικά ποσά επειδή αλλοιώνονταν τα αποθέματά του. Πολλοί σύγχρονοί του, μεταξύ των οποίων και ο επιφανής Γερμανός χημικός Γιούστους φον Λίμπιχ, επέμεναν ότι η ζύμωση ήταν μια χημική διαδικασία που δεν απαιτούσε την ανάμειξη κανενός ζωντανού οργανισμού. Με τη βοήθεια του μικροσκοπίου ο Παστέρ ανακάλυψε ότι υπήρχαν δύο τέτοιοι οργανισμοί –και οι δύο ήταν ποικιλίες της μαγιάς– που έπαιζαν κεντρικό ρόλο στη διαδικασία. Ο ένας παρήγαγε το οινόπνευμα. Ο άλλος παρήγαγε το γαλακτικό οξύ, που ξίνιζε το κρασί. Για να είναι σίγουρος ότι το «κακό» είδος δε θα παρέμενε στο κρασί, ο Παστέρ πρότεινε την εξολόθρευσή του με ήπια θέρμανση στους 44 βαθμούς Κελσίου. Παρά το αρχικό σοκ που προκάλεσε η ιδέα της θέρμανσης του κρασιού, ένα ελεγχόμενο πείραμα με θερμοανθίσεις και μη θερμοανθίσεις

παρτίδες κρασιού απέδειξε την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας. Έτσι γεννήθηκε η *παστερίωση*, η διαδικασία δηλαδή που σήμερα διασφαλίζει έναν πολύ μεγάλο αριθμό τροφίμων παγκοσμίως.

Η ΑΥΘΟΡΜΗΤΗ ΓΕΝΕΣΗ Η εργασία του Παστέρ γύρω από τη ζύμωση του έδωσε τη δυνατότητα να θέσει ένα τέλος σε μια από τις πιο παλιές διαμάχες στην ιστορία της βιολογίας: το θέμα της «αυθόρμητης γένεσης». Πολλοί βιολόγοι υποστήριζαν ότι ήταν δυνατό να εμφανιστεί μικροσκοπική ζωή στην ουσία από το μηδέν ή τουλάχιστον από νεκρή ύλη. Πρώτος ο Παστέρ απέδειξε ότι η σκόνη του αέρα περιείχε σπορίδια που θα βλάσταιναν αν εισάγονταν σε ένα θρεπτικό ζωμό. Στη συνέχεια επινόησε ένα πείραμα στο οποίο έβαλε βρασμένο ζωμό σε ένα φλασκι με κεκλιμένο λαιμό, από τον οποίο έμπαινε αέρας, αλλά δεν εισάγονταν σωματίδια σκόνης. Αυτή τη φορά δεν αναπτύχθηκαν μέσα στο φλασκι ζωντανοί οργανισμοί και δε σημειώθηκε καμία σήψη. Ανακοίνωσε τα αποτελέσματά του σε μια λαμπρή τελετή που έγινε το 1864 στη Σορβόννη. Ήταν ένας θρίαμβος. Η θεωρία της αυθόρμητης γένεσης ανήκε στην Ιστορία και είχαν πια τεθεί, γερά και πραγματικά, τα θεμέλια της επιστήμης της βακτηριολογίας.

Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΗΣ ΜΟΛΥΝΣΗΣ Έχοντας επιλύσει τα προβλήματα του κλάδου των οινοποιιών με τόσο λαμπρό τρόπο, όπως ήταν φυσικό ο Παστέρ κλήθηκε και πάλι να βοηθήσει μόλις εμφανίστηκε μια ασθένεια του μεταξοσκώληκα που άρχισε να καταστρέφει την παραγωγή μεταξιού στη νότια Γαλλία. Ο Παστέρ δεν ήξερε τίποτα για τους

μεταξοσκώληκες, αλλά όταν εξέτασε το πρόβλημα με το μικροσκόπιό του, εντόπισε ένα μικροσκοπικό παράσιτο που υπήρχε τόσο στους μεταξοσκώληκες όσο και στα φύλλα της μουριάς με τα οποία τρέφονταν. Η συμβουλή που έδωσε ήταν δραστική: οι μολυσμένοι μεταξοσκώληκες και οι θάμνοι έπρεπε να καταστραφούν αμέσως και να αντικατασταθούν με νέους. Χάρη στη φήμη του, η συμβουλή του εφαρμόστηκε πιστά και έτσι διασώθηκε ένας ακόμα κλάδος.

Το ζήτημα με τους μεταξοσκώληκες έστρεψε την προσοχή του Παστέρ στο ευρύτερο θέμα των μεταδοτικών ασθενειών. Η παραδοσιακή ιατρική σκέψη, που είχε τις ρίζες της στην αρχαία Ελλάδα, επέμενε ότι κάθε ασθένεια ήταν μια προσβολή ενός μεμονωμένου οργανισμού. Η ιδέα ότι οι ασθένειες μπορεί να μεταβιβάζονται ανάμεσα σε έμβια όντα αποτελούσε σχεδόν αντικείμενο αφορισμού. Πρόκειται για μια από αυτές τις προκαταλήψεις που σήμερα φαντάζουν τόσο ανεξήγητες, έτσι που έχουμε μεγαλώσει με το φόβο των μικροβίων και των μολύνσεων από μικρή ηλικία. Όμως, δεν υπήρχε τίποτα το προφανές σχετικά με την ιδέα μιας μεταδοτικής ασθένειας. Το γεγονός ότι οι άνθρωποι κολλούσαν μια ασθένεια την ίδια στιγμή δεν αποδείκνυε ότι την κόλλησαν ο ένας από τον άλλο· το ότι βακτηρίδια παρατηρούνταν σε πληγές ή σε ασθενείς δεν αποτελούσε αυτό καθαυτό απόδειξη ότι τα βακτηρίδια ήταν η αιτία του προβλήματος. Όταν ο Παστέρ υποστήριξε ότι ενδεχομένως θα βοηθούσε αν οι γιατροί και οι νοσοκόμες πλένονταν πιο συχνά, αποστειρώναν τα εργαλεία τους και περνούσαν από τον ατμό τους επιδέσμους τους, οι τρίχες τους σηκώθηκαν όχι επειδή πληγώθηκε ο εγωισμός τους, αλλά επειδή αρχικά όλο αυτό φάνταζε μια εξωπραγματική θεωρία που τους εξόργισε.

Ο Παστέρ ήταν πολύ δεξιών πολιτικών πεποιθήσεων και έχει ειπωθεί ότι η προκατάληψή του με την απειλή που αποτελούν για το ανθρώπινο σώμα τα εκατομμύρια μικροσκοπικά μικρόβια δεν ήταν τελείως ασύνδετη με την εξίσου ισχυρή πεποίθησή του σχετικά με την απειλή που αποτελούσαν για το πολιτικό σώμα οι πολυπληθείς μάζες. Όμως όποια κι αν ήταν η πηγή έμπνευσης για τη θεωρία του περί μικροβίων, συνεχίζει, κατά τη γνώμη πολλών καλών κριτών, να αποτελεί την πλέον σημαντική θεωρητική εξέλιξη στην ιστορία της ιατρικής. Κι αυτή ήταν μία μόνο από τις πάρα πολλές σημαντικές ανακαλύψεις που χρωστάμε σε αυτό τον ευφυή ερευνητή της βιοχημείας.

ΤΑ ΕΜΒΟΛΙΑ ΤΟΥ ΠΑΣΤΕΡ Προς τη δύση της ζωής του ο Παστέρ ασχολήθηκε με το θέμα του εμβολιασμού το οποίο ερευνήσε πρώτος ο Τζένερ. Αρχικά ασχολήθηκε με μια θανάσιμη για τα ζώα ασθένεια, τον άνθρακα. Ανακάλυψε ότι θερμαίνοντας μια καλλιέργεια μικροβίων του άνθρακα μπορούσε να μειώσει την ισχύ τους και να δημιουργήσει μια ήπια μορφή της ασθένειας που δεν έφερνε το θάνατο στα εμβολιασμένα ζώα, αλλά συνέχιζε να προκαλεί μια ανοσοποιητική αντίδραση. Το 1881 έκανε μια θεαματική επίδειξη της αποτελεσματικότητας της ανακάλυψής του εμβολιάζοντας τα μισά ζώα από ένα κοπάδι. Στη συνέχεια χορήγησε την ασθένεια με ένεση σε ολόκληρο το κοπάδι. Όλα τα πρόβατα που δεν είχαν εμβολιαστεί πέθαναν, ενώ όσα είχαν εμβολιαστεί επέζησαν.

Στη συνέχεια παρασκεύασε ένα εμβόλιο που έλπιζε ότι θα αποδεικνυόταν αποτελεσματικό κατά της λύσσας, και με αυτό εκτέλεσε το τελευταίο εντυπωσιακό πείραμά του. Το

1885, σε ηλικία 62 ετών, του πήγαν να δει ένα αγόρι που του είχε επιτεθεί και το είχε δαγκώσει ένα άγριο σκυλί. Ο Παστέρ του χορήγησε το μέχρι τότε μη δοκιμασμένο εμβόλιο και του έσωσε τη ζωή. Αυτή ήταν η πιο επιτυχημένη κορύφωση της εντυπωσιακής σταδιοδρομίας ενός ατόμου που αξίζει να σταθεί πλάι στον Αριστοτέλη και τον Δαρβίνο στο πάνθεον της βιολογίας.

Ο ΜΟΡΙ ΚΑΙ Η ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ Μέχρι τη δεκαετία του 1840 η επιστήμη της γεωλογίας –η μελέτη της δομής της Γης και της ιστορίας των πετρωμάτων της– είχε πλέον ενηλικιωθεί. Ωστόσο, η επιστήμη της ωκεανογραφίας –η μελέτη των θαλασσών και της ιστορίας τους– δεν είχε ακόμα γεννηθεί. Ο κύριος λόγος ήταν οικονομικής φύσεως. Η γεωλογία ήταν ιδανική ερασιτεχνική απασχόληση για τον ευγενή που είχε το χρόνο να κάνει περιπάτους στην ύπαιθρο μ' ένα σφυρί στο χέρι και έναν κύκλο ομοϊδεατών φίλων με τους οποίους μπορούσε να συζητά τις υποθέσεις του. Η μελέτη των ωκεανών απαιτούσε δαπανηρές αποστολές. Χωρίς τη χρηματοδότηση της κυβέρνησης ή κάποιων πλούσιων χορηγών δε θα μπορούσαν να επιτευχθούν αξιόλογα αποτελέσματα. Το γεγονός ότι η επιστήμη δημιουργήθηκε όντως στη δεκαετία του 1850 οφείλεται κυρίως σε ένα άτομο: στον Αμερικανό Μάθιου Φοντέιν Μόρι.

Ο Μόρι γεννήθηκε το 1806 στο Φρέντερικσμπεργκ της πολιτείας Βιρτζίνια. Ήταν γιος αγρότη και κατατάχθηκε στο Ναυτικό ως δόκιμος σημαιοφόρος. Μέχρι να γίνει 24 ετών είχε ολοκληρώσει τον περίπλου της Γης. Το 1839 έπαθε ένα ατύχημα με μια άμαξα, που τον άφησε ανάπηρο και τον ανάγκασε να εγκαταλείψει τη θέση του. Τον διόρισαν

σε μια θέση με, θεωρητικά, ελάχιστες απαιτήσεις: επόπτη της Αποθήκης Χαρτών και Οργάνων. Όμως εκείνος εργάστηκε με ζήλο και αφοσιώθηκε στη μελέτη των ανέμων και των ρευμάτων. Για να βοηθήσει στη συλλογή δεδομένων σχεδίασε ειδικά εκτυπωμένα κατάστιχα τα οποία διένειμε στους καπετάνιους των πλοίων.

Ο Μόρι είχε πειστεί ότι η μελέτη των ωκεανών δε θα μπορούσε να γίνει χωρίς τη συνεργασία των ναυτικών χωρών. Σε μεγάλο βαθμό ως αποτέλεσμα των προσπαθειών του, το 1853 πραγματοποιήθηκε στις Βρυξέλλες ένα διεθνές συνέδριο όπου οι κυβερνήσεις συμφώνησαν να υιοθετήσουν ένα τυποποιημένο σύστημα καταγραφής του καιρού. Το 1855 δημοσίευσε το πρώτο παγκοσμίως εγχειρίδιο ωκεανογραφίας με τίτλο *Η φυσική γεωγραφία της θάλασσας*.

Το 1863 όταν ξέσπασε ο πόλεμος διορίστηκε επικεφαλής της Ακτοφυλακής στην πλευρά της Συνομοσπονδίας. Μετά την ήττα της Συνομοσπονδίας εξορίστηκε πρώτα στο Μεξικό και κατόπιν στην Αγγλία. Το 1868 επέστρεψε στις ΗΠΑ και διορίστηκε καθηγητής φυσικής στο Στρατιωτικό Ινστιτούτο της Βιρτζίνια, όπου έμεινε τα πέντε τελευταία χρόνια της ζωής του. Το 1930 οι ΗΠΑ τον τίμησαν ως πατέρα της επιστήμης της ωκεανογραφίας.

ΕΡΕΥΝΕΣ ΚΑΙ ΕΚΣΤΡΑΤΕΙΕΣ Στην επόμενη εικοσιπενταετία μετά την έκδοση του έργου του Μόρι με τίτλο *Η φυσική γεωγραφία της θάλασσας* παρατηρήθηκε μια έκρηξη γνώσεων γύρω από τους ανοιχτούς ωκεανούς και συγκεκριμένα για τα στοιχεία, τα ρεύματα, τις καιρικές συνθήκες και τις μορφές ζωής σε αυτούς. Ένας σημαντικός παράγοντας σε αυτή τη διεύρυνση των γνώσεων ήταν η πόντιση υποθαλάσσιων

καλωδίων. Το πρώτο τέτοιο καλώδιο ποντίστηκε κάτω από τον Πορθμό Ντόβερ το 1851. Η πόντιση καλωδίων προϋπέθετε καλύτερη γνώση του πυθμένα του ωκεανού, των ρευμάτων του και των διάφορων θερμοκρασιών. Ενθάρρυνε την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που αποδείχτηκαν ανεκτίμητης αξίας στις υποβρύχιες έρευνες. Εκτός αυτού οι εταιρείες πόντισης καλωδίων είχαν τα χρήματα για να κάνουν πράξη αυτές τις έρευνες.

Οι θαλάσσιοι βιολόγοι αρχικά δεν αναγνώρισαν τους νέους δρόμους που άνοιγε στην έρευνα η πόντιση καλωδίων, καθώς ήταν ευρέως διαδεδομένη η πεποίθηση πως δεν ήταν δυνατό να υπάρχει ζωή κάτω από τις συνθήκες έντονου ψύχους, υψηλής πίεσης και σκότους που επικρατούσε στα βάθη των ωκεανών. Ωστόσο, στη δεκαετία του 1860 άρχισαν να συγκεντρώνονται στοιχεία που έδειχναν ότι η υπόθεση αυτή ήταν αδικαιολόγητη. Το 1868 δύο Βρετανοί βιολόγοι, ο Γ. Μπ. Κάρπεντερ και ο Σ. Γουάιβιλ Τόμπσον, διαπιστώνοντας τα οφέλη που θα μπορούσαν να προκύψουν από μια σωστά εξοπλισμένη αποστολή που θα ερευνούσε τις φυσικές συνθήκες και τις μορφές ζωής στους ωκεανούς της Γης, έπεισαν τη Βασιλική Εταιρεία να υποστηρίξει μια σειρά από αποστολές. Σε δύο ταξίδια, το πρώτο με το πλοίο *Lightning* και το δεύτερο με το *Porcupine*, συγκέντρωσαν αδιάσειστα στοιχεία που καταδείκνυαν ότι στους ωκεανούς υπήρχε μια τεράστια ποικιλία από μορφές ζωής άγνωστες μέχρι τότε στην επιστήμη.

Καθώς προχωρούσαν αυτές οι αποστολές, τα δεδομένα που συγκεντρώναν τα πλοία σχετικά με τη θερμοκρασία, την πυκνότητα και την κίνηση των ρευμάτων σε διάφορα βάθη κέντριζαν ολοένα και περισσότερο το ενδιαφέρον του Κάρπεντερ. Διαπίστωσε ότι στο βυθό των ωκεανών υπήρχαν μό-

νιμα ρεύματα και πως αυτή η κυκλοφορία επηρέαζε σημαντικά τις κλιματικές αλλαγές – μεταξύ αυτών ήταν υπεύθυνη και για την εποχή των παγετώνων. Η άποψη αυτή συνάντησε έντονη αντίδραση από τον κορυφαίο Βρετανό θεωρητικό της αιτίας της εποχής των παγετώνων, τον Σκοτσέζο Τζέιμς Κρολ, ο οποίος πίστευε ότι η κύρια αιτία της κλιματικής αλλαγής ήταν οι αληγείς (άνεμοι) και πως αυτοί ήταν υπεύθυνοι για τις αλλαγές στη συμπεριφορά των ωκεάνιων ρευμάτων. Ο Κάρπεντερ πίστευε ότι η θεωρία του θα δικαιωνόταν αν μια τρίτη, πιο φιλόδοξη έρευνα μπορούσε να διεξαχθεί σε ανεξερεύνητους έως τότε ωκεανούς. Με την υποστήριξη της Βασιλικής Εταιρείας έπεισε τη βρετανική κυβέρνηση να λάβει μια παγκόσμια ωκεανογραφική έρευνα με την κορβέτα του Πολεμικού Ναυτικού *Challenger*.

Στο διάστημα 1872-1876, με τον Τόμπσον στο πλοίο ως επικεφαλής των επιστημόνων, το πλοίο διέσχισε τους ωκεανούς του κόσμου. Τα αποτελέσματα των ερευνών, τα οποία δημοσιεύτηκαν σε 50 τόμους στο διάστημα 1880-1895, αποτέλεσαν ορόσημο για την ωκεανογραφία. Απέδειξαν πέραν πάσης αμφιβολίας ότι υπάρχει συνεχής κυκλοφορία του θαλάσσιου νερού σε ολόκληρη την υδρόγειο όπως ακριβώς είχε υποστηρίξει ο Κάρπεντερ.

Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ Μερικές σημαντικές πρόοδοι της επιστήμης ήταν αποτέλεσμα ευτυχούς συγκυρίας – δηλαδή κάποιος ανακάλυπτε κάτι ενώ έψαχνε κάτι άλλο. Ένα εύστοχο παράδειγμα είναι η ανακάλυψη που έγινε σε ένα εργαστήριο του πανεπιστημίου του Βίρτσμπουργκ της Γερμανίας το Νοέμβριο του 1895.

Ο Βίλχελμ Κόνραντ Ρέντγκεν γεννήθηκε στο Λένεπ, στην

εγγύς του Ρήνου Πρωσία, το 1845. Γιος υφασματέμπορου, σπούδασε στην Ολλανδία και την Ελβετία, ενώ καταρτίστηκε να γίνει μηχανολόγος μηχανικός, αλλά μετάνιωσε και αποφάσισε να ακολουθήσει σταδιοδρομία στη φυσική. Από τα 30 έως τα 50 έτη του κατείχε διάφορες πανεπιστημιακές έδρες και διετέλεσε καθηγητής στο Στρασβούργο, το Μόναχο και το Βίρτσμπουργκ.

Στις 8 Νοεμβρίου 1895 πειραματιζόταν με τις καθοδικές ακτίνες –αρνητικά φορτισμένα σωματίδια που εκλύονται από ένα ηλεκτρόδιο μέσα σε ένα σωλήνα εκκένωσης–, που εκείνη την εποχή δεν ήταν απόλυτα κατανοητές. Ξαφνικά παρατήρησε ότι μια οθόνη που βρισκόταν ένα μέτρο πιο πέρα από τη συσκευή του είχε φωτιστεί με αρκετά απροσδόκητο τρόπο. Η οθόνη ήταν επικαλυμμένη με μια ουσία που ονομαζόταν πλατινοκυανιούχο βάριο και ο Ρέντγκεν συνειδητοποίησε ότι βρισκόταν σε τέτοια απόσταση, ώστε δεν μπορούσε να έχει φωτιστεί από τις καθοδικές ακτίνες. Υπέθεσε ότι κάποια άγνωστη έως τότε μορφή ακτινοβολίας εκλυόταν από το σωλήνα. Μέσα στον επόμενο μήνα και με τον ενθουσιασμό του να φουρνώνει όλο και περισσότερο, έκανε μια σειρά από εκπληκτικές ανακαλύψεις σχετικά με τις ιδιότητες αυτής της παράξενης ακτινοβολίας. Διαπίστωσε ότι η ακτινοβολία αυτή δεν εκτρεπόταν από κάποιο μαγνητικό πεδίο. Επίσης διαπίστωσε ότι είχε τη δυνατότητα να περνάει μέσα από πολλά συμπαγή υλικά, μεταξύ των οποίων το ξύλο και το μέταλλο, αλλά και η παλάμη της συζύγου του. Όταν τοποθετήθηκε μια φωτογραφική πλάκα πίσω από ένα χέρι, παρήγαγε μια εικόνα, όχι του χεριού, αλλά των οστών που περιείχε το χέρι. Στις 28 Δεκεμβρίου ο Ρέντγκεν ανακοίνωσε την ανακάλυψή του και έδωσε στις μυστηριώδεις ακτίνες το εύστοχο όνομα *ακτίνες Χ*.

Η ακτινοβολία αυτή είχε και άλλες εκπληκτικές ιδιότητες. Συμπεριφερόταν όπως το ορατό φως, αλλά δεν παρουσίαζε ούτε την αντανάκλαση ούτε τη διάθλαση του φωτός. Οι ιατρικές εφαρμογές ήταν προφανείς και γρήγορα η ακτινοσκόπηση αποτέλεσε έναν αποδεκτό τομέα της ιατρικής διάγνωσης. Όμως η πραγματική φύση της ακτινοβολίας δεν αποσαφηνίστηκε πριν από το 1912, όταν ένας άλλος Γερμανός φυσικός, ο Μαξ Τέοντορ Φέλιξ φον Λάουε, απέδειξε ότι ήταν μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με πολύ μικρότερο μήκος κύματος από εκείνο του ορατού φωτός.

Εκείνη την εποχή δε γνώριζαν τον αντίκτυπο που θα μπορούσε να έχει η έκθεση σε μια τέτοια ακτινοβολία και ο Ρέντγκεν και οι βοηθοί του υπέστησαν τις συνέπειες. Τον παρηγορούσε όμως το γεγονός ότι του απονεμήθηκε το πρώτο στα χρονικά βραβείο Νομπέλ Φυσικής.

Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΜΠΕΚΕΡΕΛ Την τυχαία ανακάλυψη του Ρέντγκεν ακολούθησε η εμπειρία ενός άλλου φυσικού, ο οποίος αποφάσισε να ερευνήσει εκτενέστερα τις ακτίνες Χ. Ο τυχερός στην προκειμένη περίπτωση ήταν ένας Παριζιάνος ακαδημαϊκός που τον έλεγαν Αντουάν Ανρί Μπεκερέλ. Ο Μπεκερέλ, που γεννήθηκε το 1852, ήταν επτά χρόνια μικρότερος από τον Ρέντγκεν. Καταγόταν από οικογένεια φυσικών και το 1891 ανέλαβε μια θέση στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας στο Παρίσι, θέση που κατείχαν πριν από αυτόν ο παππούς και ο πατέρας του. Το 1895 έγινε καθηγητής φυσικής στην Πολυτεχνική Σχολή.

Ο πατέρας του Μπεκερέλ είχε πραγματοποιήσει σημαντική έρευνα γύρω από το φαινόμενο του φθορισμού. Ο γιος του διατήρησε το ενδιαφέρον του. Αφού μελέτησε τα αποτελέ-

σηματα του Ρέντγκεν, σκέφτηκε μήπως και οι ακτίνες X εκλύονταν από φθορίζοντα υλικά. Το Φεβρουάριο του 1896 τύλιξε κάμποσο φωτογραφικό φιλμ σε σκούρο και χοντρό μαύρο χαρτί και το άφησε στον ήλιο, ενώ πάνω του ακούμπησε έναν κρύσταλλο από φθορίζον υλικό, το θειικό ουρανίλιο του καλίου. Έλπιζε ότι, όταν ο κρύσταλλος θα παρήγαγε φθορισμό χάρη στην ακτινοβολία του ηλιακού φωτός, οι όποιες ακτίνες X που θα εκλύονταν θα διείσδυαν στο μαύρο χαρτί και θα κατέγραφαν κάτι πάνω στο φιλμ. Προς μεγάλη του ικανοποίηση, όταν εμφανίστηκε το φιλμ, έδειξε μια θολούρα σαν κι αυτή που προκαλούσαν οι ακτίνες X. Προσπάθησε να επαναλάβει το πείραμα τοποθετώντας ένα χάλκινο σταυρό ανάμεσα στον κρύσταλλο και το φιλμ, αλλά απελπίστηκε επειδή τις επόμενες ημέρες είχε συννεφιά και τελικά αποφάσισε να εμφανίσει το φιλμ του. Προς μεγάλη του έκπληξη περιείχε μια εικόνα του σταυρού, γεγονός που έδειχνε ότι η ακτινοβολία που ήταν υπεύθυνη προερχόταν μέσα από τον κρύσταλλο παρά ήταν προϊόν φθορισμού που προκαλούσε το ηλιακό φως. Αυτή ήταν μια εκπληκτική ανακάλυψη καθώς δεν υπήρχε γνωστή πηγή ενέργειας που θα μπορούσε να προέρχεται από ένα συμπαγές υλικό.

Η περαιτέρω έρευνα έδειξε ότι, όποια κι αν ήταν η ακτινοβολία, δεν ήταν ακτίνες X, δεδομένου ότι μπορούσε να εκτραπεί από ένα μαγνητικό πεδίο. Αυτό σήμαινε ότι πρέπει να αποτελούνταν από φορτισμένα σωματίδια. Ωστόσο, η αντίδραση που ήταν ικανή να τα παράγει συνέχισε να αποτελεί μυστήριο, προς το παρόν.

Ο ΠΙΕΡ ΚΑΙ Η ΜΑΡΙΑ ΚΙΟΥΡΙ Η απάντηση στο γρίφο του Μπεκερέλ δόθηκε από τον Πιερ και τη Μαρία Κιουρί, το

πιο επιτυχημένο ανδρόγυνο στην ιστορία της επιστήμης. Η Μαρία Σκλοντόβσκα (Κιουρί) γεννήθηκε στη Βαρσοβία, την πρωτεύουσα της Πολωνίας, το 1867. Ο πατέρας της, ο Βλάντισλαβ, ήταν καθηγητής φυσικής που του είχαν απαγορεύσει να διδάσκει λόγω της συμμετοχής του σε μια αποτυχημένη εξέγερση κατά της ρωσικής κατοχής τέσσερα χρόνια προτού γεννηθεί η Μαρία. Ως μαθήτρια γυμνασίου ήταν ευφυέστατη, αλλά στη γενέτειρά της δεν είχε τη δυνατότητα να ακολουθήσει πανεπιστημιακή εκπαίδευση.

Μέσα από σκληρή δουλειά και αυταπάρνηση κατόρθωσε να φτάσει στο Παρίσι και να στηρίζεται στις δυνάμεις της καθώς σπούδαζε στη Σορβόνη. Το 1893, ως η πρώτη γυναίκα στα παγκόσμια χρονικά που πήρε πτυχίο φυσικής, συμμετείχε στις εξετάσεις για την απόκτηση πτυχίου στις φυσικές επιστήμες και το 1894 συνέχισε με επιτυχία στον τομέα της μαθηματικής επιστήμης. Εκείνον το χρόνο συνάντησε τον Πιερ Κιουρί, καθηγητή στο πανεπιστήμιο, οκτώ χρόνια μεγαλύτερό της, ο οποίος μελετούσε τις ηλεκτρικές ιδιότητες των κρυστάλλων. Παντρεύτηκαν το 1895 και ξεκίνησαν ένα πρόγραμμα έρευνας που θα είχε τεράστια σημασίας συνέπειες όχι μόνο για τη μελέτη της φυσικής, αλλά και για τη χημεία και την ιατρική.

Τα χαρίσματα του Πιερ –ως πειραματιζόμενου, θεωρητικού και σχεδιαστή οργάνων ακριβείας– έπαιξαν κρίσιμο ρόλο στην επιτυχία των ερευνών αυτών, αλλά όπως αναγνώρισε κι ο ίδιος, παντρεύτηκε μια ευφυέστατη γυναίκα με την οποία ήταν ευτυχής να συνεργάζεται. Το 1897 η Μαρία απέκτησε μια κόρη, την Ειρήνη. Η Μαρία συνέχισε να εργάζεται σε όλη τη διάρκεια της εγκυμοσύνης της και τους δόθηκε η δυνατότητα να συνεχίσουν την έρευνά τους και μετά,

χάρη στο γεγονός ότι ο χήρος πατέρας του Πιερ φρόντιζε το παιδί τους. Λίγες εβδομάδες μετά τον τοκετό η Μαρία άρχισε να εργάζεται για τη διδακτορική της διατριβή επιλέγοντας ως θέμα τη μελέτη της ακτινοβολίας που ένα χρόνο πριν είχε ανακαλύψει ο Μπεκερέλ. Η Μαρία διαπίστωσε σύντομα ότι οφειλόταν στο ουράνιο –ένα από τα στοιχεία που υπήρχαν στον κρύσταλλο του Μπεκερέλ– και πως η ένταση της ακτινοβολίας εξαρτιόταν αποκλειστικά από την ποσότητα του ουρανίου που υπήρχε και δεν επηρεαζόταν από το ηλιακό φως, τη θερμοκρασία ή τη χημική κατάσταση του ουρανίου. Όλα έδειχναν ότι επρόκειτο για ένα τελείως άγνωστο φαινόμενο και μια ιδιότητα των ατόμων του ουρανίου.

Το επόμενο θέμα που μελέτησαν ήταν το εξής: το ουράνιο ήταν το μόνο στοιχείο που είχε αυτή την ιδιότητα; Λίγο καιρό μετά ανακάλυψαν ότι και ένα άλλο στοιχείο, το θόριο, συμπεριφερόταν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Το νέο αυτό φαινόμενο χρειαζόταν ένα όνομα: η Μαρία το ονόμασε *ραδιενέργεια*. Στη συνέχεια εξέτασε διάφορα μεταλλεύματα ουρανίου και θορίου και ανακάλυψε έκπληκτη ότι αυτά ήταν πιο ραδιενεργά από τα ίδια τα στοιχεία. Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει ένα μόνο πράγμα: ότι ασχολούνταν με ένα άκρως ραδιενεργό στοιχείο που ήταν άγνωστο στους επιστήμονες.

Κατόπιν αποφάσισαν να εστιάσουν την προσοχή τους στο ορυκτό πισσουρανίτης. Καθώς εργάζονταν για να διαχωρίσουν τα διάφορα στοιχεία που υπήρχαν στο μέταλλευμα, συνειδητοποίησαν ότι αυτό περιείχε δύο ραδιενεργές πηγές εκτός από το ουράνιο. Δεν ανακάλυψαν ένα μόνο, αλλά δύο νέα στοιχεία. Το ένα το ονόμασαν *πολώνιο*, προς τιμήν της γενέτειρας της Μαρίας, και το άλλο *ράδιο*, από τη λατινική λέξη για την ακτίνα φωτός (*radium*).

Πίστευαν ακράδαντα στην ύπαρξη των δύο νέων στοιχείων τους, αλλά πολλοί συνάδελφοί τους δεν είχαν πεισθεί. Για να αποδείξουν τους ισχυρισμούς τους, ήταν απαραίτητο να παραχθεί μια αποδεκτή ποσότητα των στοιχείων στην καθαρή τους μορφή. Υπήρχε μια φτηνή πηγή της πρώτης ύλης που χρειάζονταν: τα απόβλητα από τη βιομηχανία γυαλιού της Βοημίας. Κάτω από σκληρές συνθήκες και με αρκετές δυσκολίες βάλθηκαν να διαχωρίζουν τα λιγοστά ίχνη των ραδιενεργών στοιχείων από τους τόνους γυαλιού, τους οποίους εισήγαγαν και κατόπιν επεξεργάζονταν. Στο τέλος της τετραετίας όμως, το 1902, είχαν συγκεντρώσει ένα δέκατο του γραμμαρίου από καθαρό ράδιο. Έτσι τελικά έκλεισαν τα στόματα των αμφισβητούντων.

Το 1903, το επίτευγμά τους αναγνωρίστηκε μέσα από το βραβείο Νομπέλ Φυσικής που απονεμήθηκε στο ζεύγος Κιουρί και στον Μπεκερέλ ταυτόχρονα για την εργασία τους στον τομέα της ραδιενέργειας. Το 1904 ο Πιερ Κιουρί διορίστηκε καθηγητής φυσικής στη Σορβόνη. Δύο χρόνια αργότερα σκοτώθηκε σε αυτοκινητικό δυστύχημα. Η Μαρία δέχτηκε βαρύτατο πλήγμα, αλλά αποφάσισε να συνεχίσει τη δουλειά της. Διορίστηκε καθηγήτρια στη θέση του συζύγου της και έγινε η πρώτη καθηγήτρια στο πανεπιστήμιο. Το 1911 υπήρξε η πρώτη που κέρδισε και δεύτερη φορά το βραβείο Νομπέλ –κάτι που δεν επαναλήφθηκε προτού περάσουν πενήντα χρόνια– Χημείας για την επιτυχία της στο να απομονώσει το καθαρό ράδιο. Πέθανε το 1934 στο ζενίθ της δόξας της από λευχαιμία που προκάλεσε η ραδιενέργεια, στη μελέτη της οποίας είχε αφιερώσει ολόκληρη τη ζωή της.

Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟΥ Στην πορεία του δέκατου ένατου αιώνα ανακαλύφθηκε και αποσαφηνίστηκε η διαφορά ανάμεσα στα άτομα και τα μόρια, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο ενώνονταν τα άτομα για να σχηματίσουν μόρια. Όμως στο μεγαλύτερο μέρος του αιώνα, κυρίαρχη άποψη στη χημεία και τη φυσική παρέμενε η εικόνα του Ντάλτον για το άτομο, ως τον θεμέλιο λίθο της ύλης που δεν είναι δυνατό να διασπαστεί. Καθώς πλησίαζε το τέλος του αιώνα, η εικόνα αυτή ανατράπηκε από την ανακάλυψη ότι τα άτομα αποτελούνταν από πολύ μικρότερα κομμάτια και πως αυτά που θεωρούνταν σταθεροί βόλοι ύλης ήταν στην πλειονότητά τους κενός χώρος. Αυτή η ανατροπή οφειλόταν σε μεγάλο βαθμό στο έργο δύο ανθρώπων: του Τζόζεφ Τζον Τόμσον και του Έρνεστ Ράδερφορντ.

Ο Τζ. Τζ. Τόμσον γεννήθηκε το 1856 κοντά στο Μάντσεστερ. Αρχικά προοριζόταν να γίνει μηχανικός. Επειδή όμως ο πατέρας του απεβίωσε, δεν είχε χρήματα να μπει βοηθός σε κάποιον μηχανικό. Ως έφηβος φοίτησε στο Κολέγιο Όουενς της περιοχής και εκδήλωσε ενδιαφέρον για τη φυσική. Απέκτησε τη φιλοδοξία να σπουδάσει στο Κέμπριτζ και πήρε υποτροφία για το Κολέγιο Τρίνιτι, το κολέγιο κοντά στο οποίο ζούσε κάποτε ο Νεύτωνας και συνέχιζε να ζει ο Μάξγουελ. Τα πήγε καλά στις εξετάσεις του και διορίστηκε λέκτορας.

Το 1884, σε ηλικία 27 ετών, έγινε διευθυντής του Εργαστηρίου Κάβεντις του πανεπιστημίου, θέση στην οποία παρέμεινε επί τριάντα πέντε χρόνια. Υπό την εποπτεία του το πανεπιστήμιο έγινε ένα από τα κορυφαία ιδρύματα του είδους. Σε ένα βαθμό η επιτυχία του οφειλόταν στο γεγονός ότι υπήρχαν κεφάλαια από τη μεγάλη Έκθεση του 1851 που

διατέθηκαν για τη χρηματοδότηση της απασχόλησης σημαντικών ερευνητών.

Το εκπληκτικό επίτευγμα του Τόμσον ήταν η ανακάλυψη του ηλεκτρονίου, ενός αρνητικά φορτισμένου σωματιδίου με το ένα δισχιλιοστό της μάζας του ατόμου του υδρογόνου. Το 1906 κέρδισε το βραβείο Νομπέλ Φυσικής. Επέμενε ότι τα ηλεκτρόνια αποτελούσαν θεμελιώδες τμήμα της δομής των ατόμων, που υπέθετε ότι ήταν σαν σκληρές σφαίρες έξω από τις οποίες ήταν εμφυτευμένα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια, όπως τα φρούτα σε ένα κέικ, και μάλιστα το πλήθος τους ήταν τέτοιο ώστε να εξουδετερώνεται το θετικό φορτίο του ατόμου.

Ο ΕΡΝΕΣΤ ΡΑΔΕΡΦΟΡΝΤ Το 1895 ο Τόμσον απέκτησε ένα βοηθό που είχε κερδίσει μία από τις υποτροφίες της Μεγάλης Έκθεσης· καταγόταν από τη Νέα Ζηλανδία και ονομαζόταν Έρνεστ Ράδερφορντ.

Ο Ράδερφορντ γεννήθηκε στο Μπράιτγουοτερ της Νέας Ζηλανδίας το 1871 και ήταν το δεύτερο από τα δώδεκα παιδιά της οικογένειάς του. Στο σχολείο έδειξε ότι είχε μέλλον και μάλιστα κέρδισε μια υποτροφία για το πανεπιστήμιο του Καντέρμπερι. Στην ουσία κατέλαβε τη δεύτερη θέση στο διαγωνισμό υποτροφιών της Μεγάλης Έκθεσης, αλλά ο πρώτος αποφάσισε να παραμείνει στη Νέα Ζηλανδία. Λέγεται ότι βρισκόταν στα χωράφια και μάζευε πατάτες όταν μαθεύτηκε η είδηση και πως πέταξε κάτω το φτυάρι του λέγοντας: «Αυτή ήταν η τελευταία πατάτα που ξέθαψα!»

Ο Ράδερφορντ εργάστηκε επί δύο έτη ως βοηθός του Τόμσον και στη συνέχεια έκανε αίτηση για τη θέση του καθηγητή φυσικής στο πανεπιστήμιο ΜακΓκιλ στον Κανα-

δά. Το 1898 πήγε στον Καναδά, όπου ανέλαβε υπεύθυνος του καλύτερα εξοπλισμένου εργαστηρίου σε ολόκληρο το δυτικό ημισφαίριο, που χρηματοδοτούνταν από έναν πλούσιο καπνοβιομήχανο.

ΤΑ ΠΡΩΤΟΝΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΝΕΤΡΟΝΙΑ Το ενδιαφέρον του Ράδερφορντ για όλα τα είδη ραδιενέργειας ενισχύθηκε σημαντικά μόλις έμαθε για την ανακάλυψη της ραδιενέργειας από τον Μπεκερέλ την εποχή που δούλευε στο εργαστήριο του Τόμσον. Μόλις κατέλαβε τη νέα του θέση, ξεκίνησε ένα ερευνητικό πρόγραμμα σχετικά με τη ραδιενέργεια που θα τον απασχολούσε επί σαράντα χρόνια. Το 1904 έγραψε το βιβλίο με τίτλο *Ραδιενέργεια*, το οποίο ήταν το πρώτο εγχειρίδιο με αυτό το θέμα και έγινε αμέσως κλασικό ανάγνωσμα.

Καθώς η φήμη του εξαπλωνόταν, και άλλα πανεπιστήμια προσπάθησαν να τον προσελκύσουν και να τον πάρουν από το πανεπιστήμιο ΜακΓκιλ. Το 1907 ο καθηγητής φυσικής στο πανεπιστήμιο του Μάντσεστερ προσφέρθηκε να αποχωρήσει από την έδρα του υπό τον όρο ότι θα την καταλάμβανε ο Ράδερφορντ. Ο Ράδερφορντ συμφώνησε και εκεί παρέμεινε για τα επόμενα δεκατέσσερα χρόνια. Το εργαστήριο του Μάντσεστερ είχε ήδη άριστη φήμη και υπό την ηγεσία του Ράδερφορντ πέτυχε να είναι δεύτερο μετά το περίφημο Εργαστήριο Κάβεντις του Κέμπριτζ.

Στο διάστημα 1907-1909 ο Ράδερφορντ και ο βοηθός του, ο Χανς Γκάιγκερ –ο εφευρέτης του ομώνυμου μετρητή της ραδιενέργειας–, πραγματοποίησαν έρευνα για τη φύση των σωματιδίων άλφα, των θετικά φορτισμένων σωματιδίων που εκπέμπουν ορισμένα ραδιενεργά στοιχεία. Ανάμεσα στα άλλα πειράματα εκτόξευσαν και σωματίδια σε πολύ λεπτά

φύλλα χρυσού. Όλα σχεδόν –τα 7.999 από τα 8.000 συνολικά– πέρασαν από μέσα χωρίς να εκτραπούν από την πορεία τους. Αυτό έκανε τον Ράδερφορντ να συμπεράνει ότι τα άτομα του χρυσού και άλλων στοιχείων ήταν κατασκευασμένα από έναν πολύ μεγάλο κενό χώρο και είχαν ένα μικροσκοπικό σκληρό πυρήνα. Το 1919, όταν επέστρεψε για μία ακόμα φορά στο Κέμπριτζ, πραγματοποίησε ένα πείραμα στο οποίο χρησιμοποίησε σωματίδια άλφα για να βομβαρδίσει το άζωτο. Αυτό είχε ως συνέπεια το αέριο να εκπέμψει θετικά φορτισμένα σωματίδια τα οποία ο Ράδερφορντ μπόρεσε να δείξει ότι υπήρχαν στον πυρήνα όλων των ατόμων. Τα σωματίδια αυτά τα ονόμασε *πρωτόνια*.

Ύστερα από μερικά χρόνια ο Τζέιμς Τσάντγουικ, ένας Νεοζηλανδός υπότροφος που είχε συνεργαστεί με τον Ράδερφορντ στο Μάντσεστερ, επεσήμανε ότι οι πυρήνες των ατόμων δεν ήταν δυνατό να περιέχουν μόνο πρωτόνια. Υποστήριξε ότι αν ο πυρήνας του ατόμου διέθετε αρκετά πρωτόνια για να εξηγείται το ατομικό βάρος τους, τα άτομα θα είχαν πολύ μεγάλο θετικό φορτίο. Το 1932 απέδειξε την ύπαρξη και ενός ουδέτερου –δηλαδή μη ηλεκτρικά φορτισμένου– σωματιδίου στον πυρήνα του ατόμου, που είχε κατά προσέγγιση ίση μάζα με το πρωτόνιο, και το οποίο ονόμασε *νετρόνιο*.

Χάρη στο έργο που παρέδωσαν οι Τόμσον, Ράδερφορντ και Τσάντγουικ –και πολλοί άλλοι ικανοί επιστήμονες που προσέθεσαν κάτι στις ανακαλύψεις τους– ο κόσμος σχημάτισε επιτέλους μια ουσιαστική και αξιοποιήσιμη εικόνα για τη δομή του ατόμου. Πρόκειται λοιπόν για:

1. Ένα συμπαγή πυρήνα όπου βρίσκεται όλη σχεδόν η

μάζα του ατόμου, που απαρτίζεται από θετικά φορτισμένα πρωτόνια και ηλεκτρικά ουδέτερα νετρόνια

ο οποίος περιβάλλεται από

2. έναν τεράστιο –σύμφωνα με τα μέτρα του ατόμου– χώρο στον οποίο τα αρνητικά φορτισμένα και σχεδόν αβαρή ηλεκτρόνια κινούνται στις τροχιές τους.

Για κάποιο διάστημα, γύρω στο 1920, αυτό το *πλανητικό μοντέλο του ατόμου* φαινόταν ότι εμπεριείχε τη θεμελιώδη αλήθεια για τη δομή της ύλης. Ήταν μια σύντομη περίοδος απόλυτης ηρεμίας. Μέσα σε μερικά χρόνια κάποιες νέες ανακαλύψεις –καθώς και μια παράξενη και δύσκολη νέα επιστήμη που ονομάζεται *κβαντομηχανική*– αποκάλυψαν ότι επρόκειτο για μια μεγάλη υπεραπλούστευση της πραγματικότητας. Παρ' όλα αυτά, για κάποιον που δεν είναι μαθηματικός συνεχίζει να αποτελεί την καλύτερη διαθέσιμη αναπαράσταση του υλικού από το οποίο είμαστε φτιαγμένοι τόσο εμείς όσο και ολόκληρος ο κόσμος.

ΒΕΛΤΙΩΝΟΝΤΑΣ ΤΟ ΕΡΓΟ ΤΟΥ ΜΕΝΤΕΛΕΓΕΦ Όταν γράφεις για τη χημεία, υπάρχει ο κίνδυνος να απονείμεις στον Μεντελέγεφ περισσότερα εύσημα από αυτά που του αξίζουν. Το επίτευγμά του ήταν σίγουρα σπουδαίο, αλλά εκείνος στηριζόταν στα θεμέλια που έθεσαν οι προκάτοχοί του. Και η σύγχρονη μορφή του περιοδικού πίνακα (*βλέπε σελίδα 227*) οφείλει πολλά σε αυτούς που εμφανίστηκαν έπειτα από εκείνον και ειδικότερα στον Άγγλο φυσικό Χένρι (Χάρι) Μόζλι.

Ο Μόζλι γεννήθηκε στην αγγλική παραλιακή κωμόπολη Γουέιμαθ το 1887 σε μια οικογένεια που ασχολιόταν πολύ με την επιστήμη. Ο πατέρας του ήταν καθηγητής ανατομίας,

αλλά πέθανε όταν ο γιος του ήταν μόλις τεσσάρων ετών. Και οι δύο παππούδες του ήταν διακεκριμένοι επιστήμονες, ενώ η μεγαλύτερη αδελφή του παρέδωσε αξιόλογο έργο στον τομέα της βιολογίας. Ο Μόζλι κέρδισε υποτροφίες και για το Κολέγιο Ίτον και για την Οξφόρδη. Το 1910 που αποφοίτησε, εντάχθηκε στην ομάδα των συνεργατών του Ράδερφορντ στο εργαστήριο του Μάντσεστερ, όπου δύο φορές είχε την τύχη να γνωρίσει και να ανταλλάξει ιδέες με τον Δανό φυσικό Νιλς Μπορ. Στα λίγα χρόνια που εργάστηκε εκεί παρουσίασε πολύ σημαντική δουλειά σχετικά με τη δομή του ατόμου των στοιχείων χρησιμοποιώντας την πρόσφατα αναπτυχθείσα τεχνική της ανάλυσης της διάθλασης των ακτίνων Χ.

Ο Μεντελέγεφ είχε διατάξει τα στοιχεία του σε αύξουσα σειρά σύμφωνα με το ατομικό τους βάρος. Αυτό άφησε κάποια σημεία που έκρυβαν αβεβαιότητα. Δεν είχε τρόπο να ξέρει αν υπήρχε μια ελάχιστη απόσταση ανάμεσα στα βάρη των διαφόρων στοιχείων και έτσι δεν μπορούσε να είναι σίγουρος για το πόσα άγνωστα στοιχεία υπήρχαν ενδεχομένως ανάμεσα σε δύο οποιαδήποτε στοιχεία του πίνακά του. Το ατομικό βάρος ήταν μια αβέβαιη ποσότητα και οφειλόταν στην παρουσία αυτών που σήμερα γνωρίζουμε με τον όρο *ισότοπα* –διαφορετικές εκδοχές– μερικών από τα στοιχεία. Ο Μόζλι απάλειψε αυτές τις αβεβαιότητες και έθεσε τον περιοδικό πίνακα σε πιο γερά θεμέλια. Ως αποτέλεσμα του έργου του σχετικά με το ηλεκτρικό φορτίο του πυρήνα του ατόμου, κατάφερε να προτείνει μια βελτιωμένη διάταξη των στοιχείων, όχι με βάση το ατομικό βάρος, αλλά με βάση αυτό που ο ίδιος ονόμασε ατομικό *αριθμό*. Αυτό ήταν ένα μέτρο του θετικού φορτίου του πυρήνα, που σήμερα αναγνωρίζουμε ως το πλήθος των πρωτονίων που υπάρχουν στον πυρήνα. Καθώς ήταν

πάντα ένας πλήρης αριθμός, υπήρχε η δυνατότητα να πει κανείς πόσα φυσικά στοιχεία πρέπει να μεσολαβούν –συμπεριλαμβανομένων των στοιχείων που θα ανακαλύπτονταν στη συνέχεια– ανάμεσα στο πιο απλό –το υδρογόνο– και το πιο σύνθετο και τότε γνωστό – το ουράνιο. Το 1912, σε ηλικία 26 χρόνων, ο Μόζλι δημοσίευσε το νόμο του για τους ατομικούς αριθμούς με μια νέα μορφή του περιοδικού πίνακα η οποία στην ουσία ήταν –μέχρι το στοιχείο 92– ο πίνακας που παρουσιάζουμε στην Εικόνα 13. Αναμφίβολα θα είχε κερδίσει κάποιο βραβείο Νομπέλ αν ζούσε. Όταν όμως ξέσπασε ο πόλεμος το 1914, πήγε αμέσως εθελοντής. Έπειτα από ένα χρόνο, σε ηλικία 28 ετών, σκοτώθηκε στην Καλλίπολη.

Ο ΜΕΝΤΕΛΕΓΕΦ ΣΤΟ ΛΟΝΔΙΝΟ Την ίδια περίπου εποχή που ο νεαρός Μόζλι πήγε στην Οξφόρδη, ο 70χρονος Μεντελέγεφ επισκέφθηκε το Βασιλικό Ίδρυμα στο Λονδίνο για να δώσει μια διάλεξη και να παραλάβει το Βραβείο Φάραντεϊ της Χημικής Εταιρείας. Ο αποδέκτης του βραβείου έπαιρνε μαζί και ένα μεταξωτό πουγκί με χρυσά νομίσματα· ο Μεντελέγεφ το άδειασε ευγενικά επάνω στο τραπέζι και κράτησε απλώς το πουγκί λέγοντας ότι επ’ ουδενί δε θα δεχόταν χρήματα έχοντας μιλήσει στη μνήμη του Φάραντεϊ σε ένα χώρο που είχε γίνει ιερός χάρη στο έργο του.

ΟΙ ΚΙΝΟΥΜΕΝΕΣ ΗΠΕΙΡΟΙ Όποιος κοιτάξει σε ένα χάρτη του Ατλαντικού είναι πιθανό να παρατηρήσει ότι η ανατολική ακτογραμμή της Βόρειας και της Νότιας Αμερικής φαίνεται ότι μοιάζει με εκείνη των ακτών της δυτικής Ευρώπης και των δυτικών ακτών της Αφρικής. Η αντιστοιχία αυτή σχολιάστηκε σχεδόν αμέσως μετά την κυκλοφορία των πρώτων

χαρτών της Αμερικής κατά τον δέκατο έκτο αιώνα, αλλά ελάχιστοι σκέφτηκαν ότι ήταν κάτι περισσότερο από μια σύμπτωση.

Το 1911 ένας Γερμανός μετεωρολόγος και εξερευνητής που τον έλεγαν Άλφρεντ Βέγκενερ είδε μια εφημερίδα που επισήμαινε κάποια άλλη χτυπητή αντιστοιχία: ανάμεσα στα απολιθώματα που βρέθηκαν στα πετρώματα της δυτικής Αφρικής και εκείνα στη Βραζιλία. Ο συντάκτης του άρθρου υποστήριζε ότι κάποτε ίσως υπήρχε κάποιο κομμάτι γης που συνέδεε τις δύο ηπείρους. Ο Βέγκενερ πρόβαλε ένα ακόμα πιο εντυπωσιακό ενδεχόμενο: ότι κάποτε οι ήπειροι αποτελούσαν μια ενιαία ξηρά, αλλά μετά απομακρύνθηκαν.

Η θεωρία του Βέγκενερ υποστήριζε ότι οι ήπειροι ήταν μάζες από ελαφριά πετρώματα που επέπλεαν μέσα στα πιο βαριά πετρώματα τα οποία αποτελούσαν τον πυθμένα του ωκεανού και πως τα είχαν διασχίσει όπως το παγοθραυστικό διασχίζει μια παγωμένη θάλασσα. Όμως δεν ήταν σε θέση να προτείνει μια διαδικασία η οποία θα μπορούσε να κάνει τις ηπείρους να κινηθούν με αυτό τον τρόπο και η θεωρία του για την «κίνηση των ηπείρων» απορρίφθηκε ως υπερβολική. Ο Βέγκενερ πέθανε το 1930 στη διάρκεια μιας αποστολής στον Αρκτικό Ωκεανό, χωρίς να έχει πείσει τον κόσμο για την αξία της θεωρίας του.

Τον ίδιο χρόνο ένας Βρετανός γεωλόγος, ο Άρθουρ Χολμς, πρότεινε ένα μηχανισμό που θα μπορούσε να υποκινεί τη διαδικασία που περιέγραψε ο Βέγκενερ. Η άποψη του Χολμς ήταν η εξής: τα ανοδικά ρεύματα στον πυρήνα της Γης, υποκινούμενα από τη θερμότητα της ραδιενεργού αποσύνθεσης, θα μπορούσαν να μεταφέρουν τις ηπείρους σε διάφορα σημεία της υδρογείου. Όμως και ο Χολμς, όπως ο

Βέγκενερ, δεν ήταν σε θέση να πείσει την επιστημονική κοινότητα και η θεωρία της μετακίνησης των ηπείρων απασχόλησε ελάχιστα τους ερευνητές για άλλα τριάντα χρόνια.

ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΟΝ ΠΥΘΜΕΝΑ ΤΟΥ ΩΚΕΑΝΟΥ Ο άνθρωπος που κατάφερε να δώσει μια πιθανή εξήγηση για τη μετακίνηση των ηπείρων ήταν ο Αμερικανός γεωλόγος Χάρι Χάμοντ Χες, ο οποίος γεννήθηκε το 1906 στη Νέα Υόρκη. Ο Χες σπούδασε γεωλογία στο Γέιλ και εργάστηκε ως γεωλόγος στη σημερινή Ζάμπια. Το 1934 έγινε καθηγητής στο Πρίνστον και το 1950 πήρε την έδρα της γεωλογίας. Αργότερα έγινε σύμβουλος της NASA και βοήθησε στην κατάστροψη των σχεδίων της πρώτης προσελήνωσης.

Το 1956 ο Τεξανός γεωλόγος Ουίλιαμ Μορίς Γιούνγκ έδειξε ότι στο κέντρο του ωκεάνιου πυθμένα υπήρχε ένας ορεινός όγκος μήκους 55.000 χιλιομέτρων. Το 1957 υποστήριξε ότι αυτός ο όγκος ήταν χωρισμένος σε όλη την έκτασή του από ένα τεραστίων διαστάσεων χάσμα. Ο Χες συνδύασε τα ευρήματα του Γιούνγκ με τη δική του ανακάλυψη, σύμφωνα με την οποία τα πετρώματα του ωκεάνιου πυθμένα ήταν πολύ νεότερης ηλικίας από τα πετρώματα του ηπειρωτικού φλοιού. Αυτό του έδωσε τη δυνατότητα να βρει μια εξήγηση για την προέλευση του ωκεάνιου πυθμένα, που την παρουσίασε το 1962 σε μια εργασία με τίτλο *Ιστορία της ωκεάνιας λεκάνης*. Σύμφωνα με τη θεωρία του, τετηγμένα πετρώματα ωθήθηκαν μέχρι το μέσο του ωκεανού και η πίεση αυτών των πρόσφατα σχηματισμένων πετρωμάτων πίεσε παλαιότερα πετρώματα του πυθμένα του ωκεανού να απομακρυνθούν. Αυτή η διαδικασία – που ονόμασε ο ίδιος *διεύρυνση ή διάνοιξη του θαλάσσιου πυθμένα* – έκανε τις ηπείρους να απομακρυνθούν.

Το 1963 δύο Βρετανοί γεωλόγοι, ο Φρεντ Βάιν και ο Ντράμοντ Μάθιους, δημοσίευσαν τα αποτελέσματα των ερευνών τους σχετικά με τον μαγνητικό προσανατολισμό των πετρωμάτων που υπάρχουν στον θαλάσσιο πυθμένα. Ήταν ήδη γνωστό ότι η κατεύθυνση των μαγνητικών πόλων της Γης άλλαζε κατά καιρούς ξαφνικά. Ο Βάιν και ο Μάθιους υποστήριξαν ότι ο ωκεάνιος πυθμένας παρουσίαζε αλληπάλληλα στρώματα «απολιθωμένης» πολικότητας που ήταν συμμετρικά στις αντίστοιχες πλαγιές του ορεινού όγκου στο μέσο του ωκεανού. Αυτά θα μπορούσαν να είχαν προκύψει όταν τα διάφορα τμήματα του πυθμένα του ωκεανού βρίσκονταν σε τετηγμένη κατάσταση. Πριν από τα τέλη της δεκαετίας του 1960 μια νέα επιστήμη – η *τεκτονική των πλακών* – δημιουργήθηκε και η απομάκρυνση των ηπείρων, που κάποτε θεωρούνταν εξωπραγματική, έγινε δεκτή ως πραγματικό γεγονός. Σήμερα γνωρίζουμε ότι οι ήπειροι δεν «απομακρύνονται» αλλά μεταφέρονται πάνω σε «πλάκες», οι οποίες κινούνται λόγω της πίεσης που δημιουργείται από αυτό το πρόσφατα δημιουργηθέν πέτρωμα. Στον Ατλαντικό Ωκεανό, το φαινόμενο αυτό ωθεί τις πλάκες που μεταφέρουν τις ηπείρους να απομακρυνθούν. Η κίνηση ανέρχεται σε μερικά μόνο εκατοστά το χρόνο. Όμως σε μεγαλύτερες χρονικές περιόδους οι πλάκες διανύουν τεράστιες αποστάσεις. Εκεί όπου συγκρούονται, ένα από τα εξής δύο πράγματα μπορεί να συμβεί: σε μερικά μέρη όπως η Δυτική Ακτή της Βόρειας Αμερικής, η πίεση της μιας πλάκας πάνω στην άλλη δημιουργεί πιέσεις που προκαλούν σεισμούς· σε άλλα μέρη, όπως εκεί που η πλάκα της Ινδίας πιέζεται με την ασιατική, η επιφάνεια της Γης παρουσιάζει πτυχώσεις και σχηματίζονται οροσειρές.

ΟΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ Ο όρος αυτός πρωτοεμφανίστηκε σε ένα άρθρο περιοδικού το 1968 και γρήγορα αντικατέστησε τον όρο «μετακίνηση ηπείρων» που δεν αποτελούσε επιστημονική έννοια, αλλά απλή περιγραφή ενός ορατού φαινομένου. Οι ηπείροι ξεχωρίζουν από τα θαλάσσια σύνορά τους και υπάρχει ελάχιστη συσχέτιση ανάμεσα στο περίγραμμα των ηπείρων και τις άκρες των πλακών που τις μεταφέρουν. Η Νέα Ζηλανδία μεταφέρεται πάνω στην ίδια πλάκα με τον πυθμένα του Ινδικού Ωκεανού, ενώ η Ισλανδία βρίσκεται πάνω ακριβώς στο σημείο επαφής των δύο πλακών. Οι πλάκες είναι πολύ περισσότερες από τις ηπείρους: υπάρχουν περίπου δέκα μεγάλες και είκοσι μικρές. Η ετήσια κίνηση των μεμονωμένων πλακών μετριέται σε εκατοστόμετρα, αλλά σε διάστημα εκατομμυρίων ετών τα εκατοστόμετρα πληθαίνουν. Κάποια τμήματα του φλοιού της Γης που κάποτε έλιωναν κάτω από τον τροπικό ήλιο τώρα είναι θαμμένα κάτω από τον πολικό πάγο. Και όταν τεράστιες μάζες πετρωμάτων συγκρούονται –ακόμα και με την ταχύτητα κίνησης του σαλιγκαριού– η πίεση και η τριβή μπορούν να έχουν δραματικές συνέπειες. Οι σεισμοί και τα ηφαιστεια, που είναι ένα χαρακτηριστικό των περιοχών όπου ενώνονται οι πλάκες, είναι ορατά σημάδια των ενεργών δυνάμεων.

ΟΙ ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ Μερικοί σεισμοί σχετίζονται με τις ηφαιστειακές εκρήξεις, αλλά οι περισσότεροι είναι αποτέλεσμα απελευθέρωσης ενέργειας που έχει συσσωρευτεί στο φλοιό της Γης. Η ενέργεια αυτή δημιουργείται από την τεκτονική δραστηριότητα σε δύο είδη καταστάσεων: όπου συγκρούονται οι πλάκες που μεταφέρουν ηπείρους και όπου νέο υλικό πιέζεται να περάσει από τον πυθμένα του ωκεανού.

Το 80% περίπου του συνόλου των καταστροφικών σεισμών σημειώνεται σε ένα δακτύλιο γύρω από τον Ειρηνικό Ωκεανό, ενώ από τους υπόλοιπους οι περισσότεροι συμβαίνουν σε μια λωρίδα που εκτείνεται κατά μήκος της Μεσογείου και μέχρι τη Μέση Ανατολή και τη νότια Ασία. Το επίκεντρο ενός σεισμού μπορεί να είναι μέχρι και 600 χιλιόμετρα κάτω από το έδαφος, αλλά εκείνοι που προκαλούν τη μεγαλύτερη ζημιά είναι αυτοί που σημειώνονται στα 50 πρώτα χιλιόμετρα κάτω από το φλοιό της Γης.

Ο ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΟΣ Η ένταση και η διάρκεια μιας σεισμικής δόνησης καταγράφονται από μια συσκευή που ονομάζεται σειсмоγράφος. Εφευρέτης του θεωρείται ο Ιταλός φυσικός Λουίτζι Παλμιέρι, ο οποίος το 1855 κατασκεύασε ένα σειсмоγράφο με βάση τις κινήσεις του υδραργύρου που υπήρχε μέσα σε ένα σφραγισμένο δοκιμαστικό σωλήνα. Όμως αυτό δεν είναι σίγουρο. Το όργανο του Παλμιέρι δεν είχε τη δυνατότητα να ξεχωρίζει τις τοπικές δονήσεις, όπως από τη διέλευση μιας βαριάς άμαξας, από τις δονήσεις της Γης σε απομακρυσμένα σημεία. Ο πρώτος σειсмоγράφος που αξίζει το όνομά του –και ο οποίος είναι πρόδρομος όλων των σύγχρονων οργάνων– ήταν εκείνος που κατασκεύασε το 1880 ο Άγγλος γεωλόγος Τζον Μιλν.

Η ΚΛΙΜΑΚΑ ΡΙΧΤΕΡ Οι σεισμοί μετρώνται με βάση την κλίμακα Ρίχτερ. Την κλίμακα αυτή επινόησε το 1935 ο Αμερικανός σεισμολόγος Τσαρλς Φ. Ρίχτερ. Το πρόβλημα με τη μέτρηση των δονήσεων της Γης είναι ότι η ισχυρότερη μπορεί να είναι 500 εκατομμύρια φορές πιο ισχυρή από την πιο ασθενή που μπορούμε να παρατηρήσουμε. Ο Ρίχτερ έλυσε

αυτό το πρόβλημα επινοώντας μια λογαριθμική κλίμακα από το 0 μέχρι το 10 όπου κάθε βαθμός της κλίμακας αντιπροσωπεύει δεκαπλάσια αύξηση στο μέγεθος. Η κλίμακα μετράει το μέγεθος που ανιχνεύει ο σειсмоγράφος και όχι την ενέργεια του σεισμού. Το σεισμικό κύμα που δημιουργείται από μια δόνηση έντασης 6 δεν είναι κατά 20% υψηλότερο από ένα κύμα έντασης 5, αλλά 10 φορές υψηλότερο. «Πολύ ισχυρός» σεισμός –έντασης 7 στην κλίμακα Ρίχτερ– συμβαίνει σε κάποιο μέρος του κόσμου περίπου μία φορά το μήνα. «Καταστρεπτικός» σεισμός έντασης 8,5 Ρίχτερ –που είναι περίπου 200 φορές πιο ισχυρός– συμβαίνει περίπου μία φορά κάθε 10 χρόνια. Οι δύο ισχυρότεροι σεισμοί που έχουν καταγραφεί από την εποχή που άρχισε η μέτρησή τους με τη σύγχρονη μέθοδο ήταν εκείνος στο Σανρίκου της Ιαπωνίας το 1933, που η έντασή του ήταν 8,9 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ, καθώς και ο σεισμός που σημειώθηκε το Μάιο του 1960 στη νότια Χιλή που αρχικώς εκτιμήθηκε στους 8,6 βαθμούς αλλά αργότερα αναθεωρήθηκε στους 9,5 βαθμούς της κλίμακας Ρίχτερ.

Άλλο πράγμα είναι η ένταση και άλλο η καταστρεπτικότητα. Ένας κάδος γεμάτος από ισχυρά εκρηκτικά, όταν πυροδοτηθεί στην ανοιχτή θάλασσα, μπορεί να προκαλέσει εκτίναξη νερού αλλά ελάχιστες ζημιές. Σε ένα συνωστισμένο λιμάνι θα προκαλούσε καταστροφή. Ομοίως, μια δόνηση έντασης 7 βαθμών σε μεγάλο βάθος στον Αρκτικό Ωκεανό μπορεί απλώς να χαλάσει τον ήσυχο ύπνο μιας πολικής αρκούδας. Μα αν συμβεί κοντά στην επιφάνεια στο κέντρο του Τόκιο, μπορεί να προκαλέσει τεράστιες καταστροφές. Ο πιο καταστροφικός σεισμός που έχει καταγραφεί ποτέ συνέβη στην κινεζική επαρχία Σανσί το 1556. Καταστροφές σημειώθηκαν

σε ακτίνα 500 χιλιομέτρων και, σύμφωνα με εκτιμήσεις, βρήκαν το θάνατο 800.000 άτομα. Αυτή ήταν σαφέστατα η μεγαλύτερη φυσική καταστροφή όλων των εποχών.

ΤΟ ΤΣΟΥΝΑΜΙ Ανάμεσα στις πιο θεαματικές συνέπειες των δονήσεων της Γης είναι τα κύματα του ωκεανού που ονομάζονται τσουνάμι (στα ιαπωνικά η λέξη σημαίνει «μεγάλο κύμα»). Το τσουνάμι μπορεί να μετακινηθεί χιλιάδες χιλιόμετρα από το σημείο όπου σημειώθηκε ο σεισμός που το προκάλεσε. Μερικά τσουνάμι προέρχονται από σεισμούς στην ξηρά. Άλλα προκαλούνται από σεισμούς που έγιναν στα βάθη του ωκεανού. Μετακινούνται με μεγάλη ταχύτητα, που φτάνει από τα 150 μέχρι τα 800 χιλιόμετρα την ώρα. Στη θάλασσα παίρνουν τη μορφή αλληπάλληλων κυματισμών, που φτάνουν το πολύ το ένα μέτρο, και τους οποίους ένα πλοίο μπορεί να μην αντιληφθεί καν. Όταν όμως φτάσουν στην ακτή, επιβραδύνονται και συσσωρεύονται το ένα πάνω στο άλλο. Αν διοχετευθούν προς εκβολές ποταμών, μπορούν να μετατραπούν σε υδάτινους τοίχους 15-30 μέτρων που είναι ικανοί να σαρώσουν κωμοπόλεις και να παρασύρουν σκάφη στην ξηρά. Η απόσταση δε βοηθάει σχεδόν καθόλου για να μειώσει τη δύναμή τους. Ένας σεισμός που σημειώθηκε στις Αλεούτες Νήσους, στις ακτές της Αλάσκα, το Μάιο του 1946, σήκωσε κύματα ύψους 15 μέτρων στις ακτές της Χαβάης, σε απόσταση 3.000 χιλιομέτρων!

Το πλέον τρομακτικό πρόσφατο παράδειγμα της δύναμης του τσουνάμι ήταν ο σεισμός που σημειώθηκε στα ανοιχτά της Σουμάτρα, στην Ινδονησία, το Δεκέμβριο του 2004. Αυτό συνέβη στο σημείο όπου η πλάκα που φέρει την Ινδία μπαίνει κάτω από την πολύ μικρότερη πλάκα της Βιρμανίας.

Η μέση ετήσια μετακίνηση της ινδικής πλάκας είναι μόλις 5 εκατοστά, αλλά δεν είχε παρατηρηθεί σχεδόν καμία κίνηση της ινδικής πλάκας στην περιοχή της Σουμάτρα εδώ και εκατόν πενήντα χρόνια, και στο μεταξύ είχαν συσσωρευτεί τεράστιες πιέσεις. Στις 26 Δεκεμβρίου 2004 εκτονώθηκαν όταν σημειώθηκε ολίσθηση 10 χιλιομέτρων κάτω από τον πυθμένα του ωκεανού που έδωσε το σεισμό έντασης 9 βαθμών στην κλίμακα Ρίχτερ. Η πλάκα της Βιρμανίας ανυψώθηκε κατά 1,5 μέτρα μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα εκτοπίζοντας τεράστιους όγκους νερού και στέλνοντας μια σειρά από τσουνάμι ύψους ενός μέτρου κατά μήκος του Ινδικού Ωκεανού. Έξι χιλιάδες χιλιόμετρα πιο πέρα, στη Σομαλία, τα κύματα προκάλεσαν το θάνατο 200 περίπου ατόμων. Στις ακτές της Σουμάτρα η καταστροφή ήταν ολοκληρωτική. Η πόλη Μπάντα Άτσεχ, με πληθυσμό 400.000 ατόμων, καταστράφηκε ολοσχερώς μέσα σε μερικά λεπτά μετά το σεισμό, ενώ 90.000 κάτοικοί της βρήκαν το θάνατο. Στην ευρύτερη περιοχή του Ινδικού Ωκεανού έχασαν σχεδόν ακαριαία τη ζωή τους γύρω στα 200.000 άτομα, με αποτέλεσμα το τσουνάμι αυτό να αναδειχθεί στη μεγαλύτερη φυσική καταστροφή των τελευταίων πεντακοσίων ετών.

ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΕΣ ΕΚΡΗΞΕΙΣ Δύο ζώνες ηφαιστειακής δραστηριότητας –γύρω από τον Ειρηνικό και από την Ινδονησία προς δυσμάς μέχρι τη Μεσόγειο– είναι αυτές στις οποίες βρίσκονται τα πιο ενεργά ηφαιστεια του κόσμου. Αυτό δεν είναι συμπτωματικό. Οι ίδιες δυνάμεις που προκαλούν τους σεισμούς δημιουργούν και τη θερμότητα που είναι υπεύθυνη για τις ηφαιστειακές εκρήξεις. Όπως συμβαίνει και με τους μεγάλους σεισμούς, το μεγαλύτερο ποσοστό –τα δύο

ΜΕΡΙΚΟΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΙ ΣΕΙΣΜΟΙ

Έτος	Περιοχή	Ένταση	Εκτιμώμενος αριθμός θυμάτων
856	Νταμγκάν, Ιράν	-	200.000
1556	Σανσί, Κίνα	-	800.000
1737	Καλκούτα, Ινδία	-	300.000
1755	Λισαβόνα, Πορτογαλία	*8,7	70.000
1812	Νέα Μαδρίτη, ΗΠΑ	*7,9	Ελάχιστα
1906	Σαν Φρανσίσκο, ΗΠΑ	*7,7	3.000
1920	Κανσού, Κίνα	*8,6	200.000
1932	Κανσού, Κίνα	7,6	70.000
1933	Σανρίκου, Ιαπωνία	8,9	3.000
1960	Νότια Χιλή	9,5	6.000
1970	Βόρειο Περού	7,7	85.000
1976	Τανγκσάν, Κίνα	8,5	250.000**
1988	Βορειοδυτική Αρμενία	6,8	55.000
1990	Βόρειο Ιράν	7,7	35.000
1995	Κόμπε, Ιαπωνία	6,9	5.000
1999	Βορειοδυτική Τουρκία	8,2	20.000

* Εκτίμηση

** Ο πραγματικός αριθμός πιθανότατα πολύ μεγαλύτερος

τρίτα- του συνόλου των ηφαιστειακών εκρήξεων σημειώνεται σε ένα δακτύλιο γύρω από τον Ειρηνικό και δικαίως έχει δοθεί στην περιοχή ο ανατριχιαστικός χαρακτηρισμός «Κύκλος της Φωτιάς».

Μέχρι σχετικά πρόσφατα νομίζαμε ότι η λάβα που έβγαине από τα ηφαίστεια ήταν λιωμένα πετρώματα από τα έγκατα του φλοιού της Γης, τα οποία με κάποιο τρόπο είχαν διαφύγει από ασθενή σημεία του φλοιού του πλανήτη μας. Τώρα αυτή η θεωρία έχει εγκαταλειφθεί. Μια πτυχή της εφαρμόζεται ακόμη για να εξηγήσει ένα μικρό αριθμό μεμονωμένων ηφαιστειών σαν κι αυτό της Χαβάης όπου μια ιδιαίτερα λεπτή στρώση φλοιού καλύπτει ένα «καυτό τμήμα» του μανδύα της Γης. Όμως η θερμική ενέργεια που πυροδοτεί τα ηφαίστεια της περιοχής του Ειρηνικού δημιουργείται εκεί όπου τα πετρώματα της μιας πλάκας συναντούν τα πετρώματα μιας άλλης και ωθούνται κάτω από αυτή, λιώνοντας κάτω από την τεράστια τριβή την οποία υφίστανται.

Υπάρχουν πεντακόσια περίπου ενεργά ή ενδεχομένως ενεργά ηφαίστεια σε όλο τον κόσμο. Η λέξη «περίπου» είναι η λέξη-κλειδί. Είναι δύσκολο να είμαστε σίγουροι αν ένα ηφαίστεια που δεν έδειξε κανένα σημάδι δραστηριότητας επί εκατοντάδες χρόνια είναι σβησμένο ή απλώς αδρανές. Κάποτε υποθέταμε ότι δεν υπήρχαν ενεργά μεγάλα ηφαίστεια στις ηπειρωτικές ΗΠΑ. Παρ' όλα αυτά, στις 18 Μαΐου 1980 ένας κοιμώμενος γίγαντας, το όρος της Αγίας Ελένης στην πολιτεία της Ουάσινγκτον, που δεν είχε δραστηριοποιηθεί καθόλου για εκατόν είκοσι έξι χρόνια, εξερράγη αποκόπτοντας τμήμα των πετρωμάτων από την κορυφή του χαμηλώνοντας την κατά 126 μέτρα, ενώ κατέρρευσε και μία ολόκληρη πλευρά του βουνού.

Αν αυτό μας φαίνεται εντυπωσιακό, δεν ήταν τίποτα συγκριτικά με εκείνο που συνέβη στον Πορθμό Σούντα στην Ινδονησία, στις 27 Αυγούστου 1883, όταν η νήσος Κρακατόα εξαφανίστηκε έπειτα από μια έκρηξη που ανατίναξε 20 κυβικά χιλιόμετρα πετρωμάτων και στάχτης. Η έκρηξη αυτή ακούστηκε μέχρι την Αυστραλία, που απέχει 3.000 χιλιόμετρα προς τα νοτιοανατολικά, αλλά και τη νήσο Ροντρίγκεζ, που βρίσκεται σε απόσταση 5.000 χιλιομέτρων προς τα νοτιοδυτικά. Η έκρηξη προκάλεσε ένα τσουνάμι ύψους 40 μέτρων στις ακτές των γειτονικών νησιών, της Ιάβα και της Σουμάτρα. Οι παράκτιες κωμοπόλεις των δύο νησιών εκείνη την εποχή ήταν πολύ πιο αραιοκατοικημένες από ό,τι το 2004. Παρ' όλα αυτά χάθηκαν 36.000 άνθρωποι.

Ωστόσο, ούτε η έκρηξη της Κρακατόα δε θα μπορούσε να συγκριθεί με την έκρηξη που συνέβη 1.200 χιλιόμετρα ανατολικότερα, στη νήσο Σουμπάβα, στις 11 Απριλίου 1815. Τη συγκεκριμένη ημέρα ένα ηφαίστεια που ονομαζόταν Ταμπόρα σημείωσε την πιο μεγάλη έκρηξη των τελευταίων 20.000 ετών. Περίπου 120 κυβικά χιλιόμετρα κίσηρης και στάχτης εκτινάχθηκαν και ολόκληρο το βουνό, το οποίο υψωνόταν 4.000 μέτρα πάνω από τη στάθμη της θάλασσας, σωριάστηκε ανάμεσα στα υλικά που είχαν σκορπιστεί ολόγυρα. Περίπου 10.000 άτομα έχασαν τη ζωή τους κατά την έκρηξη και άλλοι 90.000 υπέκυψαν από την πείνα και τις ασθένειες που ενέσκηψαν στην περιοχή. Ένα σύννεφο σκόνης και στάχτης εξαπλώθηκε στη Γη και ο ήλιος σκοτεινίασε. Το 1816 δε βλάστησαν οι καλλιέργειες σε αρκετές χώρες. Επί χρόνια μετά την έκρηξη αυτή το περιστατικό το θυμόταν η ανθρωπότητα και πάγωνε.

Ο ΑΝΘΡΑΚΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ Οι κινήσεις που έκανε στο παρελθόν ο φλοιός της Γης άφησαν πίσω τους τα κοιτάσματα άνθρακα τα οποία υπάρχουν διασκορπισμένα στη Γη. Ο άνθρακας δεν είναι ορυκτό. Είναι τα απολιθωμένα υπολείμματα των φυτών που υπήρχαν πριν από 200-300 εκατομμύρια χρόνια, στις περιόδους που οι γεωλόγοι έχουν ονομάσει Πέρμια και Λιθανθρακοφόρα.

Τα δέντρα των οποίων οι κορμοί και τα φύλλα άφησαν τα αποτυπώματά τους στον άνθρακα ευδοκίμησαν μέσα σε ένα θερμό και υγρό κλίμα. Όταν πέθαναν, αποσυντέθηκαν μέσα σε ελώδη εδάφη δημιουργώντας τεράστιες ποσότητες τύρφης. Οι κινήσεις της Γης ανάγκασαν αυτά τα αποθέματα να βυθιστούν κάτω από τη θάλασσα. Σε διάστημα εκατομμυρίων ετών θάφτηκαν από ιζήματα που εκβράζονταν από την ξηρά. Καθώς αυτά τα ιζήματα συσσωρεύονταν, η πίεση που ασκούσε το βάρος τους μετέτρεψε τα οργανικά υλικά σε άνθρακα. Τέλος, μια άνοδος της στάθμης του πυθμένα των ωκεανών έφερε τα ανθρακοφόρα στρώματα πάλι πάνω από το ύψος της θάλασσας. Μια παρόμοια διαδικασία δημιούργησε τα πετρελαιοφόρα κοιτάσματα στο Τέξας, στην κεντρική Ασία και στον Περσικό Κόλπο, αλλά σε αυτές τις περιπτώσεις η οργανική πηγή δεν ήταν τα φυτά που φύονταν σε αυτά τα εδάφη, αλλά τα φυτά και τα ζώα που είχαν πεθάνει μέσα στη θάλασσα.

ΤΟ ΑΝΩΤΑΤΟ ΣΤΡΩΜΑ ΤΗΣ ΓΗΣ Το μεγαλύτερο τμήμα του υλικού από το οποίο είναι φτιαγμένος ο φλοιός της Γης περιέχει ένα μικρό αριθμό στοιχείων, όπου κυριαρχούν το οξυγόνο και το πυρίτιο:

Στοιχείο	% (της μάζας)
Οξυγόνο	46,1
Πυρίτιο	28,2
Σίδηρος	5,6
Ασβέστιο	4,2
Νάτριο	2,4
Μαγνήσιο	2,3
Κάλιο	2,1
Αλουμίνιο	0,8
Τιτάνιο	0,6
Λοιπά στοιχεία	<u>7,7</u>
	100,0

Η υψηλή περιεκτικότητα των επιφανειακών πετρωμάτων σε πυρίτιο ευθύνεται για την επικράτηση του ορυκτού οξειδίου του πυριτίου (SiO₂) με τη μορφή χαλαζία, άμμου κτλ. Πιστεύεται ότι ο σίδηρος αποτελεί σημαντικό ποσοστό της μάζας στα χαμηλότερα βάθη.

Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ Η σκληρότητα των πετρωμάτων μετριέται με βάση την κλίμακα Μος. Την επινόησε ένας Γερμανός ορυκτολόγος, ο Φρίντριχ Μος (1773-1839), ο οποίος τη δημοσίευσε το 1812. Στηρίζεται σε έναν κατάλογο με τα παρακάτω δέκα γνωστά ορυκτά:

- | | |
|---------------|--------------|
| 1. Τάλκης | 6. Άστριος |
| 2. Γύψος | 7. Χαλαζίας |
| 3. Ασβεστίτης | 8. Τοπάζι |
| 4. Φθορίτης | 9. Κορούνδιο |
| 5. Απατίτης | 10. Διαμάντι |

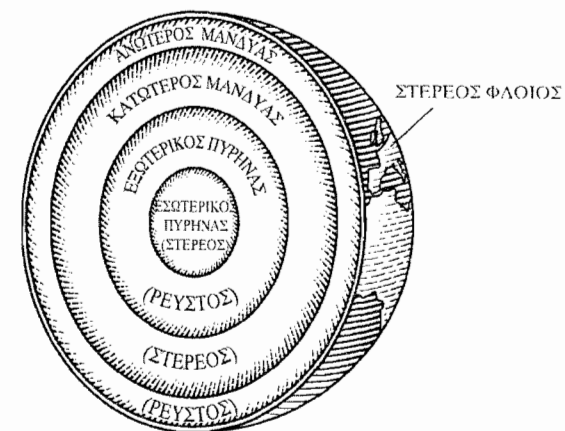
Ο βαθμός ενός ορυκτού που δεν αναφέρεται στον κατάλογο του Μος καθορίζεται από την ικανότητά του να χαράζει τα ορυκτά που αναφέρονται στον κατάλογο καθώς και ορυκτά ίσης σκληρότητας. Ένα ορυκτό που από άποψη σκληρότητας βρίσκεται ανάμεσα στον άστριο και το χαλαζία λέμε ότι είναι 6,5 βαθμών. Το νύχι έχει σκληρότητα 2,5 και τοποθετείται ανάμεσα στο γύψο και τον ασβεστίτη.

Η σκληρότητα μερικών καθημερινών υλικών εξαρτάται πολύ από τη σύστασή τους. Οι σκληρότερες ποικιλίες γυαλιού, οι οποίες μπορεί να φτάνουν μέχρι το 6,5, χαράζουν εύκολα τον μαλακό χάλυβα, που σπάνια η σκληρότητά του υπερβαίνει το 5. Από την άλλη πλευρά οι περισσότεροι σουγιάδες είναι κατασκευασμένοι από σκληρυμένο χάλυβα, που βαθμολογείται στο 6,5, και χαράζουν εύκολα τα πιο μαλακά είδη γυαλιού.

ΕΞΕΡΕΥΝΩΝΤΑΣ ΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΗΣ ΓΗΣ Οι γεωλόγοι έχουν βρει πολλές χρήσεις των σεισμόμετρων. Μία από αυτές είναι η έρευνα του εσωτερικού της Γης. Για να γίνει αυτό, στην ουσία προκαλούνται κάποιοι ελάχιστης έντασης σεισμοί και μετριέται η πορεία των κυμάτων που δημιουργούνται διαμέσου των πετρωμάτων της Γης καθώς και ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί το ταξίδι τους. Οι έρευνες αυτές συμπληρώνονται με μελέτες των κυμάτων που προκαλούνται από πραγματικούς σεισμούς. Ως αποτέλεσμα των μελετών αυτών έχουμε σήμερα μια ικανοποιητική εικόνα –όμως τίποτα περισσότερο από αυτή– για το εσωτερικό της Γης και τις διαφοροποιήσεις στη σύστασή της ανάμεσα στην επιφάνεια και τον πυρήνα. Ωστόσο, ο όρος-κλειδί εδώ είναι η λέξη «ικανοποιητική».

Οι περισσότεροι γεωλόγοι αποδέχονται τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα σχετικά με το εσωτερικό της Γης:

	Πάχος σε χμ.	Κατάσταση	Πυκνότητα (g/cm ³)	Θερμοκρασία (° C)
Φλοιός	0-15	Στερεός	2,8	Μέχρι 550
Ανώτερος μανδύας	Περ. 650	Ρευστός	4,3	Μέχρι 800
Κατώτερος μανδύας	Περ. 2.100	Στερεός	5,5	Μέχρι 2.500
Εξωτερικός πυρήνας	Περ. 2.100	Ρευστός	10	Μέχρι 3.000
Εσωτερικός πυρήνας	Περ. 1.500	Στερεός	13,5	Μέχρι 2.750



Εικόνα 17. Το εσωτερικό της Γης

ΤΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΤΟ ΑΛΑΤΙ Συγκριτικά με άλλους πλανήτες η Γη είναι ένα υγρό μέρος. Οι ωκεανοί καλύπτουν πάνω από το 70% της επιφάνειάς της. Η θερμότητα του ήλιου προκαλεί την εξάτμιση του νερού. Ένα μέρος αυτού του νερού επιστρέφει με τη μορφή βροχής που πέφτει στους ωκεανούς. Οι άνεμοι μεταφέρουν τον ατμό πάνω από την ξηρά όπου συμπυκνώνεται και πέφτει με τη μορφή βροχής ή χιονιού. Μεγάλο μέρος αυτής της υγρασίας εξατμίζεται από τον ήλιο, αλλά ένα μέρος διεισδύει στο έδαφος. Ένα ποσοστό του νερού που υπάρχει στο έδαφος απορροφάται από τα φυτά και επιστρέφεται στην ατμόσφαιρα μέσα από τα φυλλώματά τους, ενώ ένα άλλο καταλήγει στους ποταμούς και στη θάλασσα. Μια άλλη ποσότητα διεισδύει στο έδαφος και στα υποκείμενα πετρώματα όπου σχηματίζει τα υπόγεια ύδατα. Το νερό που απομακρύνεται από το έδαφος μεταφέρει ποσότητες από πέτρες και χώμα. Σε διάστημα χιλιάδων ετών αυτό αλλάζει τη μορφή του εδάφους.

Το 3% περίπου του βάρους του θαλασσινού νερού οφείλεται σε στερεές ύλες από τις οποίες τα τρία τέταρτα είναι το κοινό αλάτι. Η περιεκτικότητα των ωκεανών σε αλάτι μεταβάλλεται από την απορροή των υδάτων από την ξηρά, αλλά δεν αυξάνεται. Όμως το αλάτι δεν μπορεί να απομακρυνθεί από τη θάλασσα μέσω της εξάτμισης, αφού ο ατμός αφήνει πίσω του το αλάτι. Έτσι για πολλά χρόνια ήταν μυστήριο το γιατί η θάλασσα είχε τόσο λίγο αλάτι – λαμβάνοντας υπόψη την απορροή – και ειδικότερα εφόσον η ηλικία της Γης ήταν εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια. Ο γρίφος λύθηκε στη δεκαετία του 1970, όταν ανακαλύφθηκαν σχισμές στα βόθρων ωκεανών. Το θαλασσινό νερό διεισδύει σε αυτές τις σχισμές και όταν επανεμφανίζεται, έπειτα από εκατομμύρια χρό-

νια, ως ατμός από τα ηφαίστεια, το αλάτι έχει αφαιρεθεί κατά το πέρασμα του νερού από τα πετρώματα.

Θα έλεγε κανείς ότι η συνολική περιεκτικότητα του θαλασσινού νερού δεν έχει αλλάξει σε σημαντικό βαθμό κατά τα τελευταία 100 εκατομμύρια χρόνια. Αυτό δεν αφορά μόνο την περιεκτικότητα του θαλασσινού νερού σε αλάτι. Αφορά και άλλες διαλυτές ουσίες και αδιάλυτα προϊόντα της διάβρωσης της Γης, τα οποία δεν αιωρούνται απεριόριστα, αλλά σταδιακά επικάθονται στον πυθμένα του ωκεανού. Ωστόσο, τα βιομηχανικά προϊόντα είναι κάτι διαφορετικό. Καθώς η ανθρωπότητα αυξάνει την παραγωγή πλαστικού, λιπασμάτων, αποβλήτων μετάλλων και φαρμάκων, η επιβάρυνση της θάλασσας με επικίνδυνα χημικά αυξάνεται και τα ψάρια και τα κοράλλια που ζουν στις αβαθείς θάλασσες υποφέρουν από τη σφοδρή επίθεση.

Τα τρία τέταρτα της συνολικής ποσότητας γλυκού νερού που υπάρχει στην ξηρά δεν έχει τη μορφή νερού, αλλά πάγου. Και τα δύο τρίτα της συνολικής ποσότητας του γλυκού νερού της Γης παραμένει σχεδόν ακίνητο στους πάγους της Ανταρκτικής. Τα στρώματα πάγου της Ανταρκτικής έχουν κατά μέσο όρο πάχος 2 χιλιομέτρων και η ηλικία τους είναι πολλών εκατομμυρίων ετών. Αντίθετα με αυτό που θα υπέθετε κανείς, στην Ανταρκτική υπάρχουν ελάχιστες χιονοπτώσεις. Η Ανταρκτική είναι μια αχανής έρημος, σαν τη Σαχάρα. Σε αντίθεση με τη Σαχάρα, όμως, η περιοχή αυτή είναι έρημη εδώ και πάρα πολλά χρόνια.

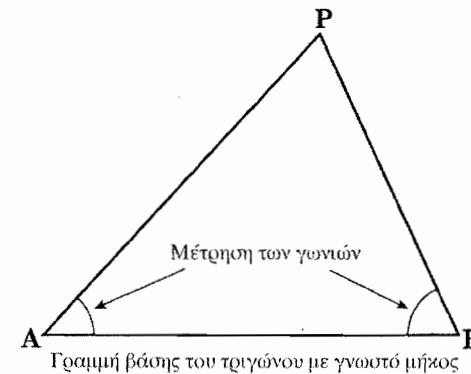
ΟΙ ΚΟΡΑΛΛΙΟΓΕΝΕΙΣ ΥΦΑΛΟΙ Ένα παράξενο χαρακτηριστικό των ωκεανών είναι οι κοραλλιογενείς ύφαλοι που συναντώνται στις τροπικές θάλασσες. Αυτοί απαρτίζονται

από σκελετούς εκατομμυρίων πλασμάτων που ονομάζονται πολύποδες. Οι κοραλλιογενείς πολύποδες σχηματίζουν σκελετούς γύρω από τον εαυτό τους καθώς επίσης και μπουμπούκια που παραμένουν προσκολλημένα στον μητρικό σκελετό. Αυτά τα μπουμπούκια με τη σειρά τους σχηματίζουν σκελετούς καθώς και άλλα μπουμπούκια και έτσι η διαδικασία συνεχίζεται. Κάποια στιγμή δημιουργείται μια μεγάλη μάζα από σκελετούς και έτσι σχηματίζεται ο κοραλλιογενής ύφαλος.

Οι πολύποδες ζουν μόνο μέσα σε θερμές και ρηχές θάλασσες, βάθους μέχρι 90 μέτρων. Ωστόσο, μερικοί κοραλλιογενείς ύφαλοι φτάνουν μέχρι 1.500 μέτρα βάθος. Αυτό κάποτε καλυπτόταν από πέπλο μυστηρίου. Δεν υπάρχει μία συγκεκριμένη αποδεκτή θεωρία όσον αφορά το τι προκαλεί το σχηματισμό των κοραλλιογενών υφάλων. Μερικοί κοραλλιογενείς ύφαλοι φαίνεται ότι χρωστούν την ύπαρξή τους στις αυξομειώσεις της στάθμης της θάλασσας που σχετίζονται με παλαιότερες εποχές παγετώνων. Ωστόσο, η θεωρία που δίνει την καλύτερη ερμηνεία για την πλειονότητα των κοραλλιογενών υφάλων αναπτύχθηκε το 1842 από τον Κάρολο Δαρβίνο στο βιβλίο του με τίτλο *Η δομή και η κατανομή των κοραλλιογενών υφάλων*. Ο Δαρβίνος υποστήριξε ότι οι κοραλλιογενείς ύφαλοι σχηματίζονται εκεί όπου ο πυθμένας της θάλασσας υποχωρεί σταδιακά εξαιτίας της ηφαιστειακής δράσης. Καθώς βυθίζονται οι κοραλλιογενείς ύφαλοι, διαδοχικές γενιές από πολύποδες χτίζουν την κατοικία τους στα ερείπια των προγόνων τους.

Ο ΤΡΙΓΩΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ Η ΠΑΡΑΛΛΑΞΗ Κάποια σημαντικά ερωτήματα μπορούν μερικές φορές να απαντηθούν με απλά

μαθηματικά. Υποθέστε ότι θέλει κάποιος να γνωρίζει σε πόση απόσταση βρίσκεται ένα απομακρυσμένο βουνό (P). Η πιο εύκολη μέθοδος για να το μάθει είναι να εφαρμόσει τον τριγωνισμό. Καθορίζεται μια γραμμή βάσης ανάμεσα σε δύο σημεία, A και B, που είναι γνωστή η μεταξύ τους απόσταση. Από το σημείο A υπολογίζεται η γωνία ανάμεσα στο P και το B. Στη συνέχεια από το B μετριέται η γωνία ανάμεσα στο P και το A. Οι δύο αυτές γωνίες μάς δίνουν τη δυνατότητα να κατασκευάσουμε το τρίγωνο ABP και να υπολογίσουμε το μήκος των πλευρών AP και BP. Αυτό ονομάζεται τριγωνισμός και είναι το βασικό εργαλείο για την κατασκευή χαρτών. Η γωνία APB είναι η *παράλλαξη* της κορυφής.



Εικόνα 18. Βασικός τριγωνισμός

Πώς υπολογίζεται η απόσταση μέχρι την κορυφή ενός βουνού από μια μετρημένη γραμμή βάσης.

Η χρησιμότητα της παράλλαξης δεν περιορίζεται μόνο στην επιφάνεια της Γης. Το 150 π.Χ. ο Έλληνας αστρονόμος Ίππαρχος την εφάρμοσε για να υπολογίσει την απόσταση μέ-

χρι τη Σελήνη με βάση το μέγεθος της σκιάς της Γης στη διάρκεια μιας σεληνιακής έκλειψης. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του, η απόσταση μέχρι τη Σελήνη ήταν 59 φορές περίπου την ακτίνα της Γης στο ύψος του Ισημερινού. Η ακτίνα της Γης είναι 6.400 χιλιόμετρα, πράγμα που σημαίνει ότι η απόσταση μέχρι τη Σελήνη είναι 378.000 χιλιόμετρα. Η εκτίμηση αυτή ήταν μέσα στην απόκλιση του 2% από τη σωστή τιμή, που είναι 384.000 χιλιόμετρα.

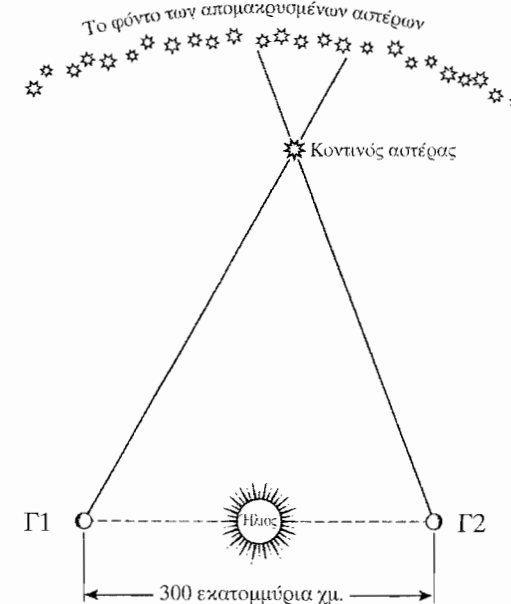
Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ

Η χρήση της παράλλαξης για τη μέτρηση της σχετικής απόστασης του Ήλιου και της Σελήνης ήταν ένα εντυπωσιακό επίτευγμα πριν από 2.000 χρόνια. Το επόμενο βήμα, η μέτρηση της απόστασης μέχρι τον Ήλιο, πραγματοποιήθηκε το 1672. Μόλις έγινε κι αυτό ήταν φυσικό οι αστρονόμοι να προσπαθήσουν να επαναλάβουν την επιτυχία με κάποιον αστέρα. Οι αστέρες βρίσκονται πολύ πιο μακριά από τον Ήλιο και συνεπώς απαιτείται μια μεγαλύτερη γραμμική βάσης και μάλιστα μεγαλύτερη σε μήκος από μια γραμμή που μπορεί να «τοποθετηθεί» στην επιφάνεια της Γης. Όμως ακόμα κι αν ήταν δυνατό να μετρηθεί η απόσταση από έναν αστέρα, θα πρέπει να ήταν αρκετά κοντά ώστε να μπορεί να μετρηθεί η παράλλαξη.

Ευτυχώς υπάρχει η δυνατότητα για μια μεγαλύτερη γραμμική βάσης: το πλάτος της τροχιάς της Γης. Η Γη απέχει 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα από τον Ήλιο. Αν γίνουν παρατηρήσεις οι οποίες χρονικά απέχουν μεταξύ τους έξι μήνες, και γίνουν σε αντίθετες πλευρές της γήινης τροχιάς, μας δίνεται μια γραμμική βάσης μήκους 300 εκατομμυρίων χιλιομέτρων. Και σε αυτή την περίπτωση, ωστόσο, η γωνία που θα πρέπει να μετρηθεί εξακολουθεί να είναι πάρα πολύ μικρή. Ωστό-

σο, το 1784 το εγχείρημα στέφθηκε με επιτυχία χάρη στον Γερμανό αστρονόμο Φρίντριχ Βίλχελμ Μπέσελ.

Ο Μπέσελ γεννήθηκε στην Πρωσία το 1784. Ήταν λογιστής και αυτοδίδακτος μαθηματικός και αστρονόμος. Σε ηλικία 20 ετών υπολόγισε εκ νέου την τροχιά του κομήτη του Χάλεϊ, ένα επίτευγμα που του χάρισε μια θέση στο αστροσκοπείο. Το 1810 ο Φρειδερίκος-Γουλιέλμος Γ' του ανέθεσε να κατασκευάσει ένα νέο αστροσκοπείο στο Κένιγκσμπεργκ της Πρωσίας, όπου συνέχισε να είναι διευθυντής τα επόμενα τριάντα χρόνια.



Εικόνα 19. Μέτρηση της απόστασης από έναν αστέρα με τη μέθοδο της παράλλαξης

Όταν τον δούμε από τις θέσεις G1 και G2 στις αντίθετες πλευρές της γήινης τροχιάς, ο πλησιέστερος αστέρας εμφανίζεται σε διαφορετική θέση σε σχέση με το φόντο των πιο απομακρυσμένων αστέρων.

Μερικοί αστέρες έχουν μια ευδιάκριτη κανονική κίνηση –μια μικρή μεταβολή της θέσης σε διάστημα ετών σε σχέση με τους αστέρες που βρίσκονται γύρω τους– που αποκαλύπτει το γεγονός ότι βρίσκονται πιο κοντά στη Γη απ’ ό,τι οι άλλοι αστέρες. Η καλύτερη περίπτωση να βρεθεί ένας αστέρας του οποίου η παράλλαξη να είναι μετρήσιμη ήταν να βρεθεί ένας αστέρας με σημαντική κανονική κίνηση. Το 1838 ο Μπέσελ αποφάσισε να εστιάσει την προσοχή του σε έναν αστέρα –τον 61 Κύκνου– στον αστερισμό του Κύκνου. Ήταν μεν ένας πολύ υποτονικά φωτισμένος αστέρας, αλλά είχε μια πάρα πολύ μεγάλη κανονική κίνηση. Με τη βοήθεια ενός οργάνου που σχεδίασε ο ίδιος κατάφερε να μετρήσει την παράλλαξή του σε σχέση με δύο γειτονικούς αστέρες που δεν είχαν καθόλου ευδιάκριτη κανονική κίνηση. Η σχετική γωνία ήταν πάρα πολύ μικρή: το ένα δεκάκις χιλιοστό της μοίρας ή η διάμετρος ενός μικρού κέρματος που το βλέπουμε από απόσταση 5 χιλιομέτρων. Ήταν μία γωνία που συνεπαγόταν μια απόσταση από τη Γη ίση με 97 εκατομμύρια εκατομμύρια χιλιόμετρα ή 10,3 έτη φωτός. (Η σημερινή αποδεκτή τιμή είναι 11,2 έτη φωτός.)

Μέσα στα επόμενα εβδομήντα χρόνια ανακαλύφθηκαν περισσότεροι αστέρες με μετρήσιμες παραλλάξεις. Μέχρι το 1900 είχαν υπολογιστεί οι αποστάσεις 75 αστέρων. Μερικοί μόνο βρίσκονταν τόσο κοντά όσο ο 61 Κύκνου. Ο πλησιέστερος από όλους ήταν ο άλφα –ή Εγγύτατος– Κενταύρου, που βρισκόταν σε απόσταση τεσσάρων μόλις ετών φωτός. Η απόσταση αυτή ήταν διπλάσια από εκείνη στην οποία ο Ισαάκ Νεύτωνας είχε τοποθετήσει τα όρια του Διαστήματος.

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΝΤΟΠΛΕΡ Όποιος έχει τύχει να σταθεί

στην αποβάθρα ενός σιδηροδρομικού σταθμού την ώρα που περνάει από εκεί μια αμαξοστοιχία που σφυρίζει, θα ξέρει ότι η ένταση του σφυρίγματος μειώνεται μετά τη διέλευσή του. Το φαινόμενο αυτό –το «φαινόμενο Ντόπλερ»– πήρε το όνομά του από τον άνθρωπο που ασχολήθηκε πρώτος με την ανάλυσή του: τον Αυστριακό φυσικό Κρίστιαν Ντόπλερ ο οποίος γεννήθηκε το 1803 στο Ζάλτσμπουργκ και ήταν καθηγητής της πειραματικής φυσικής στο Ινστιτούτο Φυσικής της Βιέννης.

Ο Ντόπλερ υπέθεσε ότι η συχνότητα των ηχητικών κυμάτων από μια κινούμενη πηγή εξαρτάται από την κίνηση της πηγής αυτής και έτσι περισσότερα κύματα φτάνουν στα αυτιά μας μέσα σε δεδομένο χρονικό διάστημα από μια ηχητική πηγή που πλησιάζει παρά από μια ηχητική πηγή που απομακρύνεται. Σε αυτή την περίπτωση, η υψηλότερη συχνότητα θα καταγραφεί εξ ορισμού από το αυτί ως ένας ήχος με πιο υψηλό τόνο. Το 1842 διατύπωσε μια μαθηματική θεωρία που συσχέτιζε την ταχύτητα μιας κινούμενης ηχητικής πηγής με τη συχνότητα του εκλαμβανόμενου ήχου. Αυτή η θεωρία επιβεβαιώθηκε δύο χρόνια αργότερα με ένα θεαματικό πείραμα στο οποίο μια ατμομηχανή έσερνε ένα βαγόνι που μετέφερε μια ομάδα από σαλπικτές μπρος και πίσω με διαφορετικές ταχύτητες επί δύο ημέρες, ενώ μια ομάδα μουσικών κατέγραφαν τους ήχους που άκουγαν.

Στη συνέχεια ο Ντόπλερ υποστήριξε ότι το φως που εκπέμπει μια κινούμενη πηγή επηρεάζεται με παρόμοιο τρόπο και πως η μειωμένη συχνότητα των φωτεινών κυμάτων που λαμβάνονται από μια απομακρυνόμενη πηγή οδηγεί σε μετατροπή του φωτός σε κόκκινο. Το 1868 ο Βρετανός αστρονόμος Ουίλιαμ Χάγκινς επιβεβαίωσε αυτή την υπόθεση όταν

παρατήρησε μια «στροφή προς το κόκκινο» στο φάσμα του αστέρα Σείριου.

Το φαινόμενο Ντόπλερ στην περίπτωση του φωτός είναι γνωστό ως *φαινόμενο Ντόπλερ-Φιζό*. Αυτό γίνεται σε ανάμνηση του Γάλλου φυσικού Ιπολίτ Φιζό ο οποίος το 1848 επεσήμανε ότι το φαινόμενο αυτό εκδηλώνεται ως μια μετατόπιση στις γραμμές του φάσματος ενός αστέρα. Στην περίπτωση ενός απομακρυνόμενου αστέρα, η χαμηλότερη συχνότητα προκαλεί τη μετατόπιση των γραμμών προς το ερυθρό άκρο του φάσματος, δηλαδή παρατηρείται μια στροφή προς το κόκκινο. Οι γραμμές του φάσματος ενός προσεγγίζοντος αστέρα παρουσιάζουν μια στροφή προς το μπλε. Η στροφή αυτή είναι ανάλογη προς την ταχύτητα με την οποία πλησιάζει ή απομακρύνεται το αντικείμενο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της ταχύτητας. Αυτό συγκεκριμένα έδωσε τη δυνατότητα στον Χάγκινς να δώσει μια τιμή στην ταχύτητα με την οποία ο Σείριος απομακρύνεται από τη Γη, ή μάλλον στην ταχύτητα με την οποία ο Σείριος και η Γη απομακρύνονταν ο ένας από την άλλη.

Η ΧΕΝΡΙΕΤΑ ΛΙΒΙΤ ΚΑΙ ΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ ΤΟΥ ΧΑΡΒΑΡΝΤ Στους τρεις αιώνες μετά τον Κοπέρνικο μια σειρά από ανακαλύψεις κατέδειξαν την ασημαντότητα του Ήλιου και ολόκληρου του ηλιακού συστήματος, συγκριτικά με το πλήθος των αστέρων που αποτελούσαν το Γαλαξία. Στην αυγή του εικοστού αιώνα θα μπορούσε κανείς να συγχωρέσει τους αστρονόμους που νόμιζαν ότι τελικά συνέλαβαν το μέγεθος του σύμπαντος. Παρ' όλα αυτά, θα ακολουθούσαν μερικές μεγάλες εκπλήξεις.

Το 1876 ένας 30χρονος καθηγητής φυσικής στο Τεχνολο-

γικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης, ο Έντουαρντ Γσαρλς Πίκερινγκ, διορίστηκε διευθυντής στο Πανεπιστημιακό Αστεροσκοπείο του Χάρβαρντ. Το 1891 με τη βοήθεια του μικρότερου αδελφού του, του Ουίλιαμ, δημιούργησε έναν υποσταθμό στο αστεροσκοπείο της Αρεκίπα στο νότιο Περού. Ο Πίκερινγκ ήταν ένθερμος οπαδός της νέας φωτογραφικής μεθόδου για τη χαρτογράφηση των ουράνιων σωμάτων. Χρησιμοποιώντας φωτόμετρα που είχε εφεύρει ο ίδιος ανέλαβε την εποπτεία μιας έρευνας που κατάφερε να χαρτογραφήσει τη θέση 45.000 αστέρων. Την επεξεργασία των παρατηρήσεων είχε αναλάβει μια ομάδα γυναικών εξειδικευμένων στη δημιουργία καταλόγων, που ήταν γνωστή ως «Υπολογιστές του Χάρβαρντ». Ανάμεσά τους ήταν και η Χενριέτα Λίβιτ, της οποίας η αγάπη για την αστρονομία ήταν τέτοια, ώστε εντάχθηκε σε αυτή την ομάδα ως εθελόντρια. Οι ξεχωριστές ικανότητές της τη βοήθησαν σύντομα να διοριστεί διευθύντρια στο τμήμα αστρικής φωτομετρίας του αστεροσκοπείου.

Το ξεχωριστό ενδιαφέρον της Λίβιτ ήταν η μελέτη των στοιχείων που αφορούσαν τους κηφείδες. Αυτή η κατηγορία αστέρων πήρε το όνομα του δ Κηφέως, ενός αστέρα που περιέγραψε στη δεκαετία του 1780 ο Τζον Γκούντραϊκ. Οι κηφείδες παρουσιάζουν μια περιοδικώς μεταβαλλόμενη λαμπρότητα που ακολουθεί συγκεκριμένο μοντέλο: μια αιφνίδια αύξηση στη φωτεινότητα ακολουθείται από σταδιακή μείωση της φωτεινότητας, σε έναν κύκλο που επαναλαμβάνεται σταθερά. Οι μεταβολές προκαλούνται από μια περιοδική διακύμανση του φωτός που εκπέμπει ο αστέρας.

Το 1902 η Λίβιτ άρχισε μια μελέτη των στοιχείων που αφορούσαν τους κηφείδες στο Μικρό Νέφος του Μαγγελάνου,

ένα γαλαξία ορατό από το αστεροσκοπείο στην Αρεκίπα. Οι μεταβολές λαμπρότητας στους κηφείδες παρουσιάζουν μία «περίοδο» ή έναν κύκλο διακύμανσης που μπορεί να κυμαίνεται από μία μέρα μέχρι τρεις μήνες. Η Λίβιτ παρατήρησε μια συσχέτιση ανάμεσα στο μέγεθος της περιόδου των κηφείδων και τη φωτεινότητά τους. Το 1912 δημοσίευσε ένα διάγραμμα που έδειχνε ότι αν κάποιος παραστήσει γραφικά το λογάριθμο του μήκους της περιόδου των κηφείδων σε σχέση με την προφανή φωτεινότητα, το αποτέλεσμα είναι μια ευθεία γραμμή. Αυτό ήταν ένα αποτέλεσμα με μεγάλη σημασία, δεδομένου ότι παρείχε μια νέα μέθοδο επιβεβαίωσης της απόστασης των απομακρυσμένων αστέρων.

Η ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ Η ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ Η αλληλουχία των συλλογισμών που μετέτρεψαν την ανακάλυψη της Λίβιτ σε ένα μέτρο για τη μέτρηση των αποστάσεων των αστέρων ήταν η εξής:

1. Το προφανές μέγεθος (δηλαδή η εκλαμβανόμενη –σε αντίθεση με την πραγματική– φωτεινότητα) ενός αστέρα εξαρτάται από την απόστασή του από τη Γη.
2. Το Μικρό Νέφος του Μαγγελάνου απείχε τόσο πολύ, ώστε όλοι οι αστέρες που ανήκαν σε αυτό βρίσκονταν ουσιαστικά στην ίδια απόσταση από τη Γη.
3. Συνεπώς η συσχέτιση ανάμεσα στην περίοδο και την προφανή φωτεινότητα των διακυμάνσεων των κηφείδων του νέφους πρέπει να αντικατόπτριζε μια ταυτόσημη συσχέτιση ανάμεσα στις περιόδους τους και την πραγματική φωτεινότητά τους.
4. Αν η απόσταση ενός ή δύο γειτονικών μεταβαλλόμε-

νης λαμπρότητας κηφείδων μπορούσε να υπολογιστεί με μια άλλη μέθοδο, όπως τη μέθοδο της παράλλαξης, η πραγματική φωτεινότητά τους θα μπορούσε να υπολογιστεί από το προφανές μέγεθός τους.

5. Μια σύγκριση των περιόδων αυτών των αστέρων «αναφοράς» με την απόλυτη (πραγματική) φωτεινότητά τους θα έδινε τη δυνατότητα να κατασκευαστεί μια κλίμακα με τη βοήθεια της οποίας θα μπορούσε κάποιος να υπολογίσει την πραγματική φωτεινότητα κάθε διακύμανσης λαμπρότητας ενός κηφείδη, ασχέτως με το πόσο μακριά βρίσκεται, με βάση το μέγεθος της περιόδου του.

6. Η σύγκριση της πραγματικής φωτεινότητας ενός κηφείδη με το προφανές μέγεθός του θα δείχνει την απόστασή του από τη Γη.

ΤΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΕΓΓΡΑΦΑ ΤΟΥ ΑΪΝΣΤΑΙΝ Το 1902, τη χρονιά κατά την οποία η Λίβιτ άρχισε τις έρευνές της σχετικά με τη διακύμανση φωτεινότητας των κηφείδων, ένας 23χρονος υπάλληλος μόλις άρχιζε να εργάζεται στη νέα του θέση ως δόκιμος εξεταστής στο Γραφείο Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας στη Ζυρίχη της Ελβετίας.

Τον νεαρό αυτό υπάλληλο τον έλεγαν Άλμπερτ Αϊνστάιν. Ο Αϊνστάιν γεννήθηκε το 1879 στην Ουλμ της Γερμανίας, αλλά πήγε σχολείο στο Μόναχο, όπου ο πατέρας του διέθετε ένα μικρό εργοστάσιο. Στο σχολείο έπληττε. Όμως ένας θείος του ξύπνησε μέσα του το ενδιαφέρον για τα μαθηματικά, τα οποία παρέμειναν το πάθος του για ολόκληρη την υπόλοιπη ζωή του. Αργότερα, όταν η οικογένειά του μετακόμισε στην Ιταλία, ο Αϊνστάιν συνέχισε να πηγαίνει σχολείο στο Άαραου της Ελβετίας. Σε ηλικία 17 ετών

εισήχθη στο Ομοσπονδιακό Τεχνολογικό Ινστιτούτο στη Ζυρίχη για να εκπαιδευτεί ως καθηγητής φυσικής. Στις εξετάσεις του τα πήγε ιδιαίτερα καλά, αλλά η στάση του δεν τον έκανε αγαπητό στους δασκάλους του, ένας από τους οποίους έφτασε στο σημείο να πει: «Αϊνστάιν, δε θα καταφέρεις ποτέ να κάνεις τίποτα».

Ο Αϊνστάιν ήταν ειρηνιστής και είχε εγκατασταθεί στην Ελβετία για να αποφύγει τη στρατιωτική θητεία. Το 1900, μετά την αποφοίτησή του, είχε γίνει Ελβετός πολίτης. Δεν κατάφερε να βρει μια ακαδημαϊκή θέση, αλλά χάρη στην επιρροή του πατέρα ενός φίλου του βρήκε μια δουλειά στο Γραφείο Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας. Η συγκεκριμένη θέση εργασίας είχε τα πλεονεκτήματά της. Δεν είχε πολλές απαιτήσεις, ενώ του έδινε πολύ χρόνο να σκεφτεί τα μαθηματικά προβλήματα που τον ενδιέφεραν. Και όπως ακριβώς και ο Νεύτωνα, στην ίδια ηλικία είχε ήδη αρχίσει να βγάζει πρωτότυπο έργο στα μαθηματικά: με μοναδικά του όπλα το μολύβι και το χαρτί, ο Αϊνστάιν ήδη εργαζόταν πάνω σε δύσκολα προβλήματα της θεωρητικής φυσικής.

Το 1905, σε ηλικία 26 χρόνων, έκανε μια εντυπωσιακή εμφάνιση στον επιστημονικό κόσμο δημοσιεύοντας μια σειρά από εξαιρετικά πρωτότυπες εργασίες στο γερμανικό *Ημερολόγιο της Φυσικής*. Σε μια από αυτές πραγματευόταν το *φωτοηλεκτρικό φαινόμενο*, κατά το οποίο το φως που πέφτει πάνω σε ορισμένα μέταλλα υποκινεί την εκπομπή ηλεκτρονίων. Η εργασία του αυτή συνέβαλε σημαντικά στην ανάπτυξη της θεωρίας των φωτονίων και θα γινόταν αιτία να του απονεμούν το 1926 το βραβείο Νομπέλ Φυσικής. Παρ' όλα αυτά δεν ήταν η πιο σημαντική από τις εργασίες που δημοσίευσε ο Αϊνστάιν εκείνη τη χρονιά.

Η δεύτερη διατριβή του παρουσίαζε μια ανάλυση της *κίνησης Μπράουν*, της παράξενης και σπασμωδικής εκείνης κίνησης που έκαναν τα μικροσκοπικά σωματίδια ουσιών, όπως της γύρης, όταν έρχονταν σε επαφή με το νερό. Το συγκεκριμένο πόνημα παρουσίαζε μια εξίσωση που εξηγούσε, με ακρίβεια, την αργή κίνηση αυτών των σωματιδίων από το αρχικό σημείο εκκίνησής τους, καθώς αντιδρούσαν στις συγκρούσεις με τα μόρια του υγρού μέσα στο οποίο βρίσκονταν. Αυτό αργότερα θα έπαιζε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της ατομικής θεωρίας του εικοστού αιώνα.

Μια άλλη από αυτές τις εργασίες εισήγαγε εκείνο που ο Αϊνστάιν ονόμασε *ειδική θεωρία της σχετικότητας*, όπου κατέρριπτε μερικές ιδέες του Νεύτωνα που επί διακόσια πενήντα χρόνια κανείς δεν είχε αμφισβητήσει. Η ειδική θεωρία δεν ασχολιόταν με τη βαρύτητα. Ο Αϊνστάιν έμελλε να προχωρήσει περαιτέρω, αμφισβητώντας και τις πτυχές της θεωρίας του Νεύτωνα αναφορικά με τη βαρύτητα στη *γενική θεωρία της σχετικότητας* που θα διατύπωνε το 1916. Η ειδική θεωρία αφορούσε τις έννοιες της κίνησης και του χρόνου. Κεντρικό ρόλο στη θεωρία έπαιζε η συμπεριφορά του φωτός και οι αλλόκοτες συνέπειες για τα αντικείμενα που κινούνταν με ταχύτητες κοντινές στην ταχύτητα του φωτός. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία η ταχύτητα του φωτός είχε ειδική σημασία. Κατ' αρχάς ήταν ίδια για όλους τους παρατηρητές ανεξάρτητα από την κίνησή τους. Δεύτερον, δεν είχε προσθετικό χαρακτήρα – σε αντίθεση, για παράδειγμα, προς ένα βλήμα που εκτοξεύτηκε από κάποιο πλοίο, και η ταχύτητά του αποτελεί συνδυασμό της ταχύτητας του ρύγχους του με εκείνη του πλοίου, το φως δε μοιράζεται την κίνηση της πηγής του, όποια κι αν είναι η κίνηση αυτής της πηγής.

Υπήρχαν πειράματα που μπορούσαν να πραγματοποιηθούν προκειμένου να ελεγχθούν αυτές οι υποθέσεις. Μέσα στα αμέσως επόμενα χρόνια μετά τη δημοσίευση της ειδικής θεωρίας, αρκετά από αυτά εκτελέστηκαν με πολλή προσοχή. Το αποτέλεσμα ήταν μια σαφής επιβεβαίωση των υποθέσεων του Αϊνστάιν. Σήμερα η ειδική θεωρία της σχετικότητας αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο της σύγχρονης φυσικής.

Η ΠΕΡΙΦΗΜΗ ΕΞΙΣΩΣΗ Η ειδική θεωρία του Αϊνστάιν προώθησε μια εξίσωση που έγινε τελικά διάσημη: $E = mc^2$. Η σπουδαιότητά της φάνηκε με την έκρηξη των ατομικών όπλων που κατέστρεψαν τις πόλεις Χιροσίμα και Ναγκασάκι στην Ιαπωνία σαράντα χρόνια μετά τη δημοσίευση της εργασίας του Αϊνστάιν. Σε αντίθεση με το μεγαλύτερο τμήμα της ειδικής θεωρίας, το μήνυμα που εμπεριέχεται σε αυτά τα ελάχιστα σύμβολα είναι δυνατό να γίνει κατανοητό από τον καθένα που έχει έστω και μια μέτρια επιστημονική παιδεία. Τα σύμβολα παριστάνουν: το E την ενέργεια, το m τη μάζα και το c την ταχύτητα του φωτός.

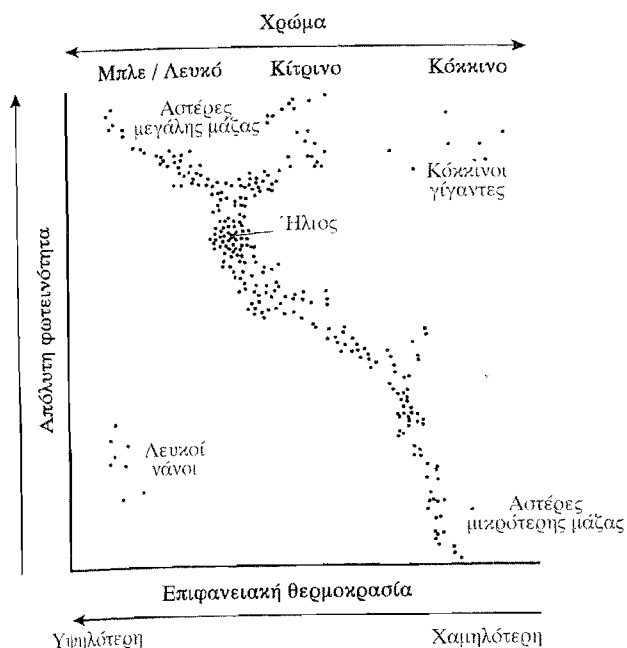
Σύμφωνα με τη θεωρία του Αϊνστάιν, που με τόσο καταστροφικό τρόπο επιβεβαιώθηκε εκείνες τις αυγουστιάτικες μέρες του 1945, τα άτομα εμπεριέχουν τεράστια αποθέματα ενέργειας, η οποία είναι δεσμευμένη στον δυνατό εναγκαλισμό των σωματιδίων τους. Αν αυτά τα σωματίδια αναδιαταχθούν βίαια, όπως συμβαίνει κατά την έκρηξη μιας ατομικής βόμβας, μια μικρή ποσότητα μάζας χάνεται, αλλά εκλύεται τεράστια ποσότητα ενέργειας. Στην εξίσωσή του το c – η ταχύτητα του φωτός στο κενό – είναι 300.000 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο. Συνεπώς το c^2 είναι 300.000 x 300.000. Αυτός ο αριθμός είναι πραγματικά πολύ μεγάλος και δεί-

χνει την πρωτοφανή ποσότητα ενέργειας που εκλύεται όταν χάνεται μια μικροσκοπική ποσότητα μάζας.

Η ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΩΝ Στις αρχές του εικοστού αιώνα, η έρευνα που έγινε σχετικά με το φάσμα των αστερων τράβηξε την προσοχή του Χένρι Νόρις Ράσελ, του διευθυντή του Αστεροσκοπείου του Πρίνστον.

Ο Ράσελ ενδιαφέρθηκε για τον κύκλο ζωής των αστερων. Σκέφτηκε ότι η ταξινόμηση των φασμάτων που έγινε από τους ερευνητές του Χάρβαρντ θα μπορούσε να αποτελέσει το κλειδί για την ιστορία του καθενός αστέρα. Το 1914 δημοσίευσε ένα διάγραμμα στο οποίο απεικόνιζε την τάξη του φάσματος, δηλαδή το χρώμα, μιας σειράς από αστέρες σε σχέση με την πραγματική –σε αντιδιαστολή με τη φαινομενική– φωτεινότητά τους. Το διάγραμμα είχε μια εντυπωσιακή μορφή. Το μπλε φως είναι μια ένδειξη θερμοκρασίας υψηλότερης από εκείνη που εκφράζει το κόκκινο φως. Στο διάγραμμα αυτό οι περισσότεροι αστέρες βρίσκονταν σε μια λωρίδα που εκτεινόταν από την επάνω αριστερά γωνία μέχρι την κάτω δεξιά γωνία, δηλαδή από τους πολύ θερμούς και φωτεινούς μέχρι τους κρύους και με υποτονικό φως. Με βάση το διάγραμμα, σχηματιζόταν η υποψία πως υπήρχε συσχέτιση ανάμεσα στη θερμοκρασία ενός αστέρα και το μέγεθός του.

Ένας Δανός αστρονόμος, ο Έιναρ Χέρτσπρουνγκ, είχε διατυπώσει μια παρόμοια υπόθεση μερικά χρόνια νωρίτερα και σε αναγνώριση της συμβολής και των δύο επιστημόνων το διάγραμμα έγινε γνωστό ως διάγραμμα Χέρτσπρουνγκ-Ράσελ. Η λωρίδα μέσα στην οποία εντοπίζονταν οι περισσότεροι αστέρες έγινε γνωστή ως «κύρια αλληλουχία» και οι αστέρες που βρίσκονται μέσα σε αυτή –όπως ο Ήλιος– συνεχι-



Εικόνα 20. Το διάγραμμα Χέρτσπρουγγκ-Ράσελ που συσχετίζει τη φωτεινότητα με την επιφανειακή θερμοκρασία. Ο Ήλιος είναι ένας μεσαίας μορφής αστέρας της «κύριας αλληλουχίας».

ζουν να αναφέρονται ως αστέρες της «κύριας αλληλουχίας». Υπάρχουν δύο ομάδες αστέρων που δεν εντάσσονται στην κύρια αλληλουχία: οι κόκκινοι γίγαντες και οι λευκοί νάνοι. Οι κόκκινοι γίγαντες, όπως ο Μπίτλτζους, ο λαμπερός αστέρας που ανήκει στον αστερισμό του Ωρίωνα, είναι τεράστιες σφαίρες από συγκριτικά κρύα αέρια που οφείλουν τη φωτεινότητά τους στο μέγεθός τους. Ο Μπίτλτζους είναι τόσο μεγάλος που, αν ο Ήλιος βρισκόταν στο κέντρο του, ολό-

κληρη η τροχιά της Γης θα περικλειόταν στην έκταση αυτού του αστέρα. Οι λευκοί νάνοι, που είναι πολύ συνηθισμένοι, είναι μικροί και θερμοί. Επίσης είναι συμπαγείς. Ένας λευκός νάνος μικρότερος από τη Γη μπορεί να έχει μάζα μεγαλύτερη από εκείνη του Ήλιου.

Τα πρώτα χρόνια μετά τη δημοσίευση του διαγράμματος υπήρχε η τάση η κύρια αλληλουχία να θεωρείται η οδός την οποία ακολουθούσαν οι περισσότεροι αστέρες καθώς αυξανόταν η ηλικία τους. Καθώς όμως η κατανόηση των εσωτερικών διαδικασιών των αστέρων βελτιωνόταν, έγινε σαφές ότι η αλήθεια ήταν πιο περίπλοκη. Έχει πλέον πάψει να θεωρείται μία εικόνα του κύκλου ζωής ενός «συνηθισμένου» αστέρα. Όμως συνεχίζει να παρέχει ένα χρήσιμο πλαίσιο για τη συζήτηση σχετικά με την εξέλιξη των αστέρων.

Η ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΑΪΝΣΤΑΪΝ Χρειάστηκε να περάσουν τέσσερα χρόνια μετά τη δημοσίευση της ειδικής θεωρίας του για να εξασφαλίσει ο Αϊνστάιν μια ακαδημαϊκή θέση. Όμως μόλις το 1909 διορίστηκε σε μια θέση καθηγητή με μέτριες αποδοχές στο πανεπιστήμιο της Ζυρίχης. Ωστόσο, η διεθνής φήμη του συνέχισε να αυξάνεται και το 1913 του πρότειναν μια ειδικά δημιουργημένη θέση στο Ινστιτούτο Καρόλου Γουλιέλμου στο Βερολίνο, όπου είχε το πλεονέκτημα να έρχεται σε επαφή με πολλούς από τους πλέον επιφανείς φυσικούς του κόσμου. Όταν ξέσπασε ο Α΄ Παγκόσμιος Πόλεμος τον προστάτευσε η ελβετική του υπηκοότητα από την κατάταξή του στον γερμανικό στρατό και έτσι του δόθηκε η δυνατότητα να συνεχίσει τις έρευνές του. Το 1916 δημοσίευσε μία άλλη σπουδαία εργασία, που συνήθως αναφέρεται με το όνομα της θεωρίας που πρόβαλλε: τη γενι-

κή θεωρία της σχετικότητας. Η λέξη «γενική» προερχόταν από το σκοπό του να επεκτείνει την ειδική θεωρία του ώστε να συμπεριλάβει και τη βαρύτητα. Η αρχική θεωρία του ασχολούνταν ειδικότερα με φαινόμενα σε ατομικό και υποατομικό επίπεδο. Τώρα ο Αϊνστάιν διέυρνε το πεδίο του κατά τρόπο που μπορούσε να εφαρμοστεί σε ολόκληρο το σύμπαν. Με αυτή την κίνησή του αντιμετώπισε ορισμένα προβλήματα που προέκυπταν από τους νόμους του Νεύτωνα.

Μερικές φορές λέγεται ότι για να διατυπώσει τη γενική θεωρία του, ο Αϊνστάιν «αναποδογύρισε» τους νόμους του Νεύτωνα. Αυτό είναι υπερβολή. Στα καθημερινά ζητήματα και για τα περισσότερα προβλήματα στην κλίμακα του ηλιακού συστήματος, η διαφορά ανάμεσα στις απαντήσεις που δίνονται από τις δύο θεωρίες είναι αμελητέα. Εντούτοις, στις εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες και όταν υπάρχουν πολύ μεγάλες βαρυτικές δυνάμεις, η θεωρία του Αϊνστάιν υπερτερεί.

Μία από τις διαφορές ανάμεσα στις δύο θεωρίες εντοπίζεται στην ερμηνεία του χαρακτήρα της βαρυτικής έλξης. Για τον Νεύτωνα, η βαρύτητα ήταν μια δύναμη που ξεκινούσε από τα ογκώδη αντικείμενα και μεταδιδόταν με ένα μέσο το οποίο αποκάλεσε «αιθέρα», κι ο οποίος κάλυπτε ολόκληρο το χώρο. Κατά τη γνώμη του Αϊνστάιν, ο αιθέρας δεν υπήρχε. Ήταν ένας μύθος που εφευρέθηκε για να κάνει αποδεκτή την «εξ αποστάσεως δράση». Στην ανάλυσή του, η βαρύτητα δεν ήταν μια δύναμη η οποία εντοπιζόταν σε αντικείμενα που διέθεταν μάζα, αλλά ήταν συνέπεια της κάμψης στο χώρο πέριξ της μάζας. Στην περίπτωση ενός σώματος όπως ο Ήλιος, η εικόνα που συχνά χρησιμοποιούνταν είναι αυτή μιας βαριάς σφαίρας που βρίσκεται στη μέση

ενός αιωρούμενου φύλλου από λάστιχο. Η σφαίρα θα δημιουργήσει ένα κοίλωμα στο φύλλο και αν μια μικρότερη σφαίρα κυλήσει προς τη μεγαλύτερη, θα εκτραπεί σε μια καμπύλη καθώς προσπερνάει. Στη θεωρία του Αϊνστάιν ο χώρος γύρω από ένα μεγάλο σώμα σαν τον Ήλιο αλλοιώνεται από τη μάζα του Ήλιου, ενώ η ελλειπτική τροχιά ενός πλανήτη είναι η συνέπεια αυτής της αλλοίωσης.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους μπορούν να ελεγχθούν τα σχετικά οφέλη της θεωρίας του Νεύτωνα και της θεωρίας του Αϊνστάιν. Ένα από τα πιο περίφημα ήταν ένα πείραμα που πραγματοποιήθηκε στη διάρκεια μιας ολικής έκλειψης ηλίου για να διαπιστωθεί αν το φως του αστέρα που περνάει κοντά από τον Ήλιο εκτρέπεται από τη βαρύτητα του Ήλιου. Βρέθηκε ότι το φως εκτρέποταν ακριβώς κατά την ποσότητα που είχε πει ο Αϊνστάιν.

Το 1930 ο Αϊνστάιν επισκέφθηκε την Αμερική για να δώσει μια διάλεξη στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Καλιφόρνια. Βρισκόταν ακόμα εκεί όταν ο Χίτλερ κατέλαβε την εξουσία στη Γερμανία. Καθώς ήταν Εβραίος θα ήταν ανοησία εκ μέρους του να επιστρέψει στη Γερμανία. Παρέμεινε στο Ινστιτούτο Ανωτέρων Σπουδών του Πρίνστον, στο Νιου Τζέρσι, και το 1940 απέκτησε την αμερικανική υπηκοότητα. Τα επόμενα χρόνια τα αφιέρωσε σε μία ανεπιτυχή έρευνα για μια «ενιαία θεωρία» η οποία θα εξηγούσε ταυτόχρονα τη βαρύτητα και τον ηλεκτρομαγνητισμό. Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο έπαιξε ενεργό ρόλο στην εκστρατεία για τον περιορισμό της εξάπλωσης των πυρηνικών όπλων, που είχαν αποδείξει με τόσο καταστροφικό τρόπο την εγκυρότητα της πιο διάσημης εξίσωσής του.

Ο ΧΑΜΠΛ ΣΤΟ ΟΡΟΣ ΟΥΙΛΣΟΝ Τα αμέσως επόμενα χρόνια μετά τη δημοσίευση της κλίμακας Λίβιτ, οι αστρονόμοι υπολόγισαν την απόσταση πολλών κοντινών κηφείδων. Χρησιμοποιώντας τον μαθηματικό τύπο της Λίβιτ, οι αστρονόμοι κατάφεραν να επιβεβαιώσουν την απόσταση των αστερών που βρίσκονταν στις πιο απομακρυσμένες γωνιές του Γαλαξία και να υπολογίσουν το μέγεθος και το σχήμα του Γαλαξία. Ένας αστρονόμος κατόρθωσε να χρησιμοποιήσει τη μονάδα μέτρησης της Λίβιτ για την απόσταση των αστερών πέρα από το Γαλαξία με συνέπειες που άλλαξαν την άποψη της ανθρωπότητας για το σύμπαν. Τον αστρονόμο αυτό τον έλεγαν Έντουιν Χαμπλ.

Ο Χαμπλ, που γεννήθηκε το 1889 στο Μάρσφιλντ της πολιτείας Μιζούρι, ήταν γιος δικηγόρου και σκόπευε να γίνει κι ο ίδιος δικηγόρος. Κέρδισε μια υποτροφία για την Οξφόρδη και σπούδασε εκεί νομικά. Ωστόσο, ενδιαφέρθηκε για την αστρονομία και αφού πήρε το πτυχίο του, εργάστηκε στο Αστεροσκοπείο Γιέρκικς κοντά στο Σικάγο, όπου έμεινε από το 1914 μέχρι το 1917. Επιστρέφοντας το 1919 από την ολοκλήρωση της στρατιωτικής θητείας του, του πρότειναν μια θέση στο νέο αστεροσκοπείο στο όρος Ουίλσον, όπου μπορούσε να χρησιμοποιήσει το μήκους 254 εκατοστών κατοπτρικό τηλεσκόπιο, που εκείνη την εποχή ήταν το ισχυρότερο όργανο αυτής της γενιάς παγκοσμίως.

Στα πρώτα στάδια της καριέρας του στο όρος Ουίλσον την προσοχή του προσέλκυσαν τα νεφελώματα – κάποια αντικείμενα που έμοιαζαν με ομίχλη και συναντιόνταν σε κάθε γωνιά του ουρανού, αλλά στο παρελθόν κανείς δεν είχε καταφέρει να τα μελετήσει πιο αναλυτικά. Εκείνη την εποχή οι επιστήμονες είχαν κατορθώσει να γνωρίζουν καλά

το σχήμα και το μέγεθος του Γαλαξία, αλλά δε γνώριζαν τι υπήρχε –αν υπήρχε– πέρα από τα όριά του. Η ελληνική λέξη *γαλαξίας*, που έχει μεταφερθεί και σε άλλες γλώσσες, στην κυριολεξία σημαίνει «δρόμος από γάλα». Στις αρχές του εικοστού αιώνα οι δύο αυτοί όροι συνέχιζαν να χρησιμοποιούνται εναλλακτικά και ο Γαλαξίας αντιμετωπιζόταν ως κάτι συνώνυμο του ορατού σύμπαντος.

Ήταν σαφές ότι μερικά νεφελώματα βρίσκονταν μέσα στο Γαλαξία και πως βασικά ήταν νέφη αερίων τα οποία φωτιζόνταν από τους αστέρες που υπήρχαν μέσα τους. Το 1924 ο Χαμπλ κατάφερε να διακρίνει μεμονωμένους αστέρες στο νεφέλωμα της Ανδρομέδας, μερικοί από τους οποίους ήταν μεταβαλλόμενη λαμπρότητα κηφείδες. Εφαρμόζοντας το νόμο περιοδικότητας και φωτεινότητας της Λίβιτ, κατάφερε να οδηγηθεί σε μια εκτίμηση της απόστασής τους την οποία υπολόγισε σε 800.000 έτη φωτός, δηλαδή σε οκταπλάσια απόσταση από τους πιο απομακρυσμένους αστέρες που ήταν έως τότε γνωστοί. Μέσα στα αμέσως επόμενα χρόνια επανέλαβε την επιτυχία του και με άλλα νεφελώματα μέχρι που αποσαφηνίστηκε ότι ο Γαλαξίας ήταν ένα από τα πάρα πολλά «νησιωτικά σύμπαντα», καθένα από τα οποία περιελάμβανε τεράστιο αριθμό αστερών.

ΤΟ ΕΠΕΚΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΣΥΜΠΑΝ Αν αυτή η αλλαγή της άποψής μας για το σύμπαν ήταν επίτευγμα μόνο του Χαμπλ, θα ήταν αρκετό για να του εξασφαλίσει αιώνια φήμη. Όμως θα ακολουθούσαν κι άλλοι. Στα πενήντα χρόνια που μεσολάβησαν από την εποχή που ο Χάγκινς είχε καταγράψει την κόκκινη μετατόπιση στο φάσμα του Σείριου, μια σειρά από κόκκινες και μπλε μετατοπίσεις είχαν μετρηθεί στο φάσμα

των αντικειμένων που υπήρχαν μέσα στο Γαλαξία. Όμως ένας αστρονόμος του Αστεροσκοπείου Λόουελ, ο Βέστο Σλάιφερ, είχε ανακαλύψει ότι όλα σχεδόν τα εξωγαλαξιακά νεφελώματα –τα «νησιωτικά σύμπαντα» πέραν του δικού μας Γαλαξία– των οποίων το φάσμα μπόρεσε εκείνος να αναλύσει, παρουσίαζαν σημαντικές μετατοπίσεις προς το κόκκινο. Αυτό ήταν ένα αποτέλεσμα που κανένας δεν μπορούσε να εξηγήσει.

Το 1929, ο Χαμπλ δημοσίευσε μια ανάλυση για τις γωνιακές ταχύτητες των νεφελωμάτων των οποίων είχε υπολογίσει τις αποστάσεις. Αυτές ήταν οι ταχύτητές τους στην ευθεία θέασής τους από τη Γη, όπως συνάγονται από την κόκκινη μετατόπιση στο φάσμα τους. Αν αυτή η πρώιμη ανακάλυψή του για ένα πλήθος εξωγαλαξιακών νεφελωμάτων είχε αναγκάσει τους αστρονόμους να αναθεωρήσουν τις απόψεις τους για τον κόσμο, η τελευταία ιδέα του τους είχε ξετρελάνει. Αυτό που είχε αποδείξει ήταν ότι, παρόλο που μερικά εξωγαλαξιακά νεφελώματα είχαν φάσμα που έδειχνε ότι κινούνταν προς τη Γη, η μεγάλη πλειονότητα έδειχνε μετατοπίσεις προς την κόκκινη περιοχή του φάσματος που θα μπορούσαν να εξηγηθούν μόνο αν υποθέταμε ότι απομακρύνονταν. Ακόμα πιο εκπληκτική ήταν η ανακάλυψή του για την άμεση σχέση ανάμεσα στην απόσταση ενός νεφελώματος και την ταχύτητα απομάκρυνσής του.

Ο Χαμπλ συμπέρανε ότι η μόνη εξήγηση που συμφωνούσε με τις μετατοπίσεις προς την κόκκινη περιοχή του φάσματος ήταν πως, πέρα από μια «τοπική ομάδα» γειτονικών γαλαξιών, τα εξωγαλαξιακά νεφελώματα απομακρύνονταν από το Γαλαξία. Επίσης, όσο μακρύτερα πήγαιναν, τόσο μεγαλύτερη ήταν η ταχύτητά τους. Αυτό είχε νόημα μόνο αν γίνονταν

δύο υποθέσεις: είτε ότι υπήρχε κάτι μοναδικό για το Γαλαξία και τη θέση του στο Διάστημα, είτε ότι το σύμπαν, συμπεριλαμβανομένου του διαστήματος μεταξύ των γαλαξιών, επεκτεινόταν. Ο Χαμπλ δεν είχε καμία αμφιβολία όσον αφορά την απάντηση: τα στοιχεία έδειχναν με αδιαμφισβήτητο τρόπο ότι ζούμε σε ένα σύμπαν που επεκτείνεται συνεχώς.

ΜΙΑ ΝΕΑ ΑΠΟΨΗ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ Ο ισχυρισμός του Χαμπλ ότι το σύμπαν επεκτείνεται απαιτούσε τέτοιο εκ νέου προσανατολισμό της κοσμολογίας, που μερικοί αστρονόμοι ήταν αρχικώς απρόθυμοι να τον αποδεχθούν. Προς τα τέλη της δεκαετίας του 1930, όμως, η ερμηνεία του Χαμπλ έγινε αποδεκτή από όλους εκείνους που είχαν τα καλύτερα προσόντα για να την κρίνουν.

Κάθε παραλληλισμός είναι δεδομένο ότι θα αλλοιώσει την πραγματικότητα μιας τόσο σημαντικής διαδικασίας, η οποία μπορεί να γίνει πραγματικά κατανοητή μόνο με τη χρήση μαθηματικών. Ωστόσο, για κάποιον που δεν ξέρει μαθηματικά, ένας τρόπος να την καταλάβει είναι να φανταστεί μερικά μυρμήγκια να περιφέρονται πάνω στην επιφάνεια ενός μεγάλου φουσκωμένου μπαλονιού. Το κάθε μυρμήγκι ακολουθεί τον δικό του τρόπο κίνησης και σε διάφορες στιγμές θα παρατηρήσουμε ότι ορισμένα μυρμήγκια πλησιάζουν το ένα το άλλο. Κατά κανόνα, όμως, τα μυρμήγκια απομακρύνονται το ένα από το άλλο και εκείνα που απέχουν περισσότερο κινούνται κατά μέσο όρο με τον πιο γρήγορο ρυθμό. Σε αυτό το παράδειγμα τα μυρμήγκια είναι τα μεμονωμένα νεφελώματα ή οι συγκεντρώσεις αστέρων, και το μπαλόνι είναι το σύμπαν. Τα μεμονωμένα νεφελώματα έχουν τις δικές τους κινήσεις –που ονομάζονται «ιδιά-

ζουσες κινήσεις» – αλλά σε αυτές «επιβάλλεται» ένα φαινόμενο που τα επηρεάζει όλα: η επέκταση του σύμπαντος.

Η ΤΟΠΙΚΗ ΟΜΑΔΑ ΤΩΝ ΓΑΛΑΞΙΩΝ ΜΑΣ Δεν απομακρύνονται από εμάς όλα τα εξωγαλαξιακά νεφελώματα. Υπάρχει μία ομάδα γαλαξιών, με το όνομα «τοπική ομάδα», οι οποίοι περιφέρονται γύρω από ένα κοινό κέντρο βαρύτητας που μοιράζονται με το Γαλαξία μας, τον «γαλακτώδη δρόμο». Στην ομάδα αυτή ανήκουν τα Μεγάλα Νεφελώματα της Ανδρομέδας (που είναι πολύ μεγαλύτερη από το Γαλαξία μας), τα Νέφη του Μαγγελάνου και περίπου δύο δωδεκάδες από κατά κύριο λόγο μικρότερα νεφελώματα. Εκτός αυτών όλοι οι άλλοι γαλαξίες απομακρύνονται από εμάς, πράγμα το οποίο αποδεικνύει την επέκταση του σύμπαντος.

ΤΟ «ΚΟΣΜΙΚΟ ΑΥΓΟ» ΤΟΥ ΛΕΜΕΤΡ Η αποδοχή της πραγματικότητας ενός επεκτεινόμενου σύμπαντος οδήγησε φυσικά στο ερώτημα του επί πόσο καιρό συνεχίζεται η επέκταση. Λογικά η διαδικασία αυτή είτε ξεκίνησε σε μια συγκεκριμένη στιγμή στο παρελθόν είτε συνεχιζόταν για πάντα. Και οι δύο περιπτώσεις γέννησαν περαιτέρω ερωτήματα μιας μορφής που οι φυσικοί δεν είχαν αντιμετωπίσει ποτέ πριν.

Ένας από αυτούς που συμμετείχαν σε αυτή τη συζήτηση ήταν ο αστρονόμος Ζορζ Εντουάρντ Λεμέτρ. Ο Λεμέτρ γεννήθηκε το 1894 στην κωμόπολη Σαρλερουά του Βελγίου. Ήταν πολιτικός μηχανικός ο οποίος εκδήλωσε ενδιαφέρον για τη φυσική και τα μαθηματικά ενώ υπηρετούσε ως αξιωματικός του Πυροβολικού στον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Μετά τον πόλεμο πήρε το διδακτορικό του από το πανεπιστήμιο της Λουβέν στο οποίο είχε σπουδάσει και στη συνέχεια

χειροτονήθηκε ιερέας. Σπούδασε αστροφυσική στο Κέμπριτζ της Αγγλίας και στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης, και το 1927 επέστρεψε στη Λουβέν ως καθηγητής αστροφυσικής.

Το 1927, όταν επέστρεψε στη Λουβέν, ο Λεμέτρ είχε ήδη βρει την εξήγηση για την επέκταση του σύμπαντος. Αυτό συνέβη δύο χρόνια προτού ο Χαμπλ ανακοινώσει δημόσια τα πορίσματά του. Ο Λεμέτρ επικοινωνήσε με τον Χαμπλ στην Αμερική, αλλά η κινητήρια δύναμη πίσω από τη θεωρία του ήταν το γεγονός πως κάλυπτε τις εξισώσεις του Αϊνστάιν στη γενική θεωρία της σχετικότητας. Όταν αργότερα ο Χαμπλ δημοσίευσε λεπτομέρειες για τις μετατοπίσεις στην κόκκινη περιοχή του φάσματος, πρόσφερε σημαντική υποστήριξη στις ιδέες του Λεμέτρ.

Ο Λεμέτρ διατύπωσε την άποψη ότι το σύμπαν είχε γεννηθεί σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή του παρελθόντος από την έκρηξη ενός πολύ μικρού και πολύ πυκνού πυρήνα που ονόμασε «υπεράτομο» ή «κοσμικό αυγό», και πως έκτοτε επεκτεινόταν συνεχώς. Οι ιδέες του δεν προκάλεσαν πολύ θόρυβο όταν δημοσιεύτηκαν αρχικά. Μόνο κατά τη δεκαετία του 1940, όταν τις υιοθέτησε ένα φυσικός που είχε το ξεχωριστό χάρισμα της δημοσιότητας –ο Αμερικανός Τζορτζ Γκαμόφ ή Γκέιμαου– έγιναν γνωστές στο ευρύτερο κοινό.

Ο ΗΛΙΟΣ ΚΑΙ Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ Τα πρώτα τριάντα χρόνια του εικοστού αιώνα ήταν η χρυσή εποχή της αστρονομίας που στηριζόταν στην παρατήρηση. Οι ανακαλύψεις που έγιναν τότε μεταμόρφωσαν την επιστήμη. Μία συνέπεια ήταν ότι μετατοπίστηκε ο κύριος προβληματισμός της αστρονομίας από τη μηχανική των ουράνιων σωμάτων του Νεύτω-

να και από τον τρόπο λειτουργίας του ηλιακού συστήματος προς την αστροφυσική και προς το χαρακτήρα και την ιστορία του ορατού σύμπαντος.

Ενώ οι αστρονόμοι προσπαθούσαν να συμβιβάσουν με τις νέες αυτές απόψεις σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας και την ιστορία του σύμπαντος, τους παρουσιάστηκε και μία ανακάλυψη που αμφισβήτησε τις υποθέσεις τους σχετικά με την εσωτερική σύσταση των αστέρων και τις διαδικασίες που ενδεχομένως θα λάμβαναν χώρα στο εσωτερικό τους. Η Βρετανίδα Σεσίλια Πέιν-Γκαπόσκιν θα γινόταν αργότερα καθηγήτρια αστρονομίας στο Χάρβαρντ. Όμως το 1928, όταν δημοσίευσε τα ευρήματά της με τα οποία θα ασχοληθούμε εδώ, ήταν φοιτήτρια διδακτορικού στο Κολέγιο Ράντκλιφ και εργαζόταν υπό την εποπτεία του Χένρι Νόρις Ράσελ, ενώ κατείχε μια χαμηλόβαθμη θέση στο αστροσκοπείο.

Εκείνη την εποχή οι επιστήμονες υπέθεταν ότι ο Ήλιος αποτελούνταν κυρίως από βαρέα στοιχεία και πως το μυστικό της φαινομενικά ανεξάντλητης ενέργειάς του πρέπει να βρισκόταν σε ατομικές αντιδράσεις αυτών των στοιχείων. Όμως οι μελέτες της Πέιν σχετικά με την ατμόσφαιρα του Ήλιου έδειξαν ότι το κυριότερο συστατικό του ήταν το υδρογόνο. Το αποτέλεσμα αυτό ήταν τόσο απροσδόκητο, που αρχικώς αντιμετωπίστηκε με σκεπτικισμό. Όμως λίγο καιρό αργότερα, τα ευρήματά της εξασφάλισαν την έντονη υποστήριξη δύο άλλων ερευνητών – του Ιρλανδού Ουίλιαμ Μακρέι και του Γερμανού Άλμπρεχτ Ουνζέλντ – οι οποίοι επιβεβαίωσαν ότι η φασματοσκοπική μελέτη έδειξε πως οι ατμόσφαιρες των αστέρων γενικότερα αποτελούνταν σχεδόν αποκλειστικά από υδρογόνο. Ήταν μία ανακάλυψη που δεν μπορού-

σε να εξηγήσει την πηγή της ενέργειας του Ήλιου την εποχή που έγινε, αλλά έδειξε το δρόμο προς τον οποίο θα μπορούσε να βρεθεί μια εξήγηση.

Η ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΣΕ ΗΛΙΟΝ Στην έρευνα για τον εντοπισμό του μυστικού που έκρυβε την ενέργεια του Ήλιου αξιοσημείωτη ήταν η συμβολή δύο φυσικών: πρόκειται για τον γεννημένο στη Γερμανία Χανς Μπέθε, ο οποίος εργαζόταν στο πανεπιστήμιο Κορνέλ, και τον Γερμανό (βαρόνο) Καρλ φον Βάιτσακερ, που εργαζόταν στο Βερολίνο. Το 1938 εντόπισαν ο καθένας χωριστά δύο διαδικασίες οι οποίες ήταν σε θέση να παράγουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας κάτω από τις συνθήκες πολύ υψηλής θερμοκρασίας και βαρυτικής πίεσης που υπήρχε στο εσωτερικό των αστέρων. Μία από αυτές, ο κύκλος άνθρακα-αζώτου, είναι πιο σχετική με τους αστέρες παρά με τον Ήλιο. Η άλλη, η αλυσίδα πρωτονίου-πρωτονίου, ήταν, όπως υποστήριξαν, η πηγή του μεγαλύτερου ποσοστού της ηλιακής ενέργειας.

Η αλυσίδα πρωτονίου-πρωτονίου είναι μια σειρά από αντιδράσεις στις οποίες το υδρογόνο μετατρέπεται σε ήλιο και εκλύεται τεράστια ποσότητα ενέργειας ως υποπροϊόν. Στις συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό του Ήλιου πρόκειται για μια αφ' εαυτής διαιωνιζόμενη διαδικασία, η οποία συνεχίζεται εδώ και δισεκατομμύρια χρόνια. Οι σημερινοί υπολογισμοί δείχνουν ότι πάνω από το 90% της θερμότητας του Ήλιου είναι προϊόν αυτών των αντιδράσεων με τον κύκλο άνθρακα-αζώτου να συνεισφέρει το υπόλοιπο.

Η ανάλυση των Μπέθε και φον Βάιτσακερ πολύ σωστά εντόπισε τη διαδικασία που είναι υπεύθυνη για την τεράστια παραγωγή ενέργειας από τον Ήλιο, αλλά αυτή ήταν απλώς

ένα αποτέλεσμα των περαιτέρω εξελίξεων στη θεωρία των κβάντων και στις έρευνες που έγιναν την εποχή του πολέμου σχετικά με τα ατομικά όπλα, που βοήθησαν για να γίνει αντιληπτή η όλη αυτή διαδικασία.

Η αλυσίδα πρωτονίου-πρωτονίου είναι ένα παράδειγμα ατομικής τήξης στην οποία τα άτομα ενός στοιχείου αναδιατάσσονται για να σχηματίσουν τα άτομα ενός βαρύτερου στοιχείου. Αυτή είναι η διαδικασία που δίνει την ενέργεια στη βόμβα υδρογόνου. Με έναν πρόχειρο τρόπο οι εσωτερικές διαδικασίες του Ήλιου μπορούν να παρομοιαστούν με τις συχνές εκρήξεις εκατομμυρίων βομβών υδρογόνου. Συνεπώς δεν πρέπει να μας προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι ο ήλιος μπορεί να προκαλέσει εγκαύματα και καρκίνο του δέρματος από απόσταση 150 εκατομμυρίων χιλιομέτρων.

Η ΕΚ ΝΕΟΥ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΜΕΝΤΕΛ Οι έρευνες του Γκρέγκορ Μέντελ μέσα στον κήπο του μοναστηριού του κατά τις δεκαετίες του 1850 και του 1860 θα αποτελούσαν τελικά τη βάση για μια νέα επιστήμη, τη γενετική. Ωστόσο, για σαράντα χρόνια μετά τη δημοσίευση του άρθρου του, το έργο του είχε ξεχαστεί. Όταν ανακαλύφθηκε εκ νέου, στις αρχές του εικοστού αιώνα, αρχικά απλώς οδήγησε τη βιολογία σε αδιέξοδο.

Μετά τη δημοσίευση της *Καταγωγής των ειδών*, ελάχιστοι βιολόγοι αμφέβαλλαν πλέον ότι τα σύγχρονα είδη ήταν προϊόν μίας εξελικτικής διαδικασίας. Ο Δαρβίνος είχε κερδίσει μια αποφασιστική μάχη. Όμως η σταδιακή διαδικασία που εκείνος ονόμασε «φυσική επιλογή» είχε αποκτήσει πολύ λιγότερους υποστηρικτές για τον πολύ ουσιαστικό λόγο ότι ο Δαρβίνος δεν κατάφερε να παρουσιάσει κάποιο μηχανισμό

στο κυτταρικό επίπεδο που την προκαλούσε. Αντίθετα, στο προσκήνιο ήρθε μια ανταγωνιστική θεωρία: μια θεωρία που εξηγούσε την ανάπτυξη νέων ειδών ως αποτέλεσμα *μεταλλάξεων* –αλ-λαγών που συμβαίνουν στα κύτταρα μέσα στα αναπαραγωγικά όργανα– οι οποίες έδωσαν την ευκαιρία να αναπτυχθούν σημαντικά νέα χαρακτηριστικά στις μετέπειτα γενιές. Όταν ανακαλύφθηκε εκ νέου η έρευνα του Μέντελ, πρόσφερε αποδείξεις σύμφωνα με τις οποίες η κληρονομικότητα συνεπαγόταν τη μεταβίβαση μικρών δεσμών από κληρονομικούς «παράγοντες». Αυτό ενθάρρυνε την πεποίθηση ότι η εξελικτική αλλαγή ήταν υπόθεση των αλλαγών σε αυτούς τους παράγοντες παρά η επιλογή των ήδη υφιστάμενων παραλλαγών ως αποτέλεσμα εξωτερικών πιέσεων.

ΤΑ ΓΟΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΧΡΩΜΟΣΩΜΑΤΑ Ακόμα και πριν από την εκ νέου ανακάλυψη του έργου του Μέντελ, είχαν γίνει σημαντικές ανακαλύψεις σχετικά με το υλικό που μετέχει στην αναπαραγωγή. Στα τέλη της δεκαετίας του 1970 ο Γερμανός ζωολόγος Όσκαρ Χέρτβιχ διεξάγοντας έρευνες σε αχινοούς διαπίστωσε ότι η διαδικασία της γονιμοποίησης προϋπέθετε την ένωση των πυρήνων ενός κυττάρου του σπέρματος και ενός κυττάρου του ωαρίου και πως η μετέπειτα ανάπτυξη του εμβρύου συνίστατο στις αλληπάλληλες υποδιαιρέσεις του αρχικά ενωμένου πυρήνα. Το 1879, ένας άλλος Γερμανός επιστήμονας, ο ανατόμος Βάλτερ Φλέμινγκ, ανακάλυψε κάτι επιμήκεις νηματοειδείς δομές στον πυρήνα του κυττάρου, οι οποίες αργότερα ονομάστηκαν *χρωμοσώματα*. Το 1903, λίγο μετά την εκ νέου ανακάλυψη των αποτελεσμάτων του Μέντελ, ένας Αμερικανός βιολόγος, ο Γουόλτερ Σ. Σάτον, απέδειξε ότι τα χρωμοσώματα ήταν διατεταγμένα κατά ζεύγη.

Υποστήριξε ότι οι «κληρονομικοί παράγοντες» του Μέντελ βρίσκονταν στα χρωμοσώματα και μεταβιβάζονταν μέσω μιας διαδικασίας τυχαίας επιλογής κατά τη στιγμή της σύλληψης. Το 1909 ένας Δανός βοτανολόγος, ο Βίλχελμ Λούντβιχ Γιόχανσεν, καθιέρωσε τον όρο *γονίδιο* για να δηλώσει αυτούς τους κληρονομικούς παράγοντες και μέσα στην επόμενη εικοσαετία η επιστήμη της *γενετικής* αναπτύχθηκε με ιλιγγιώδη ταχύτητα.

Ο ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΡΩΜΟΣΩΜΑΤΩΝ Τα χρωμοσώματα που υπάρχουν μέσα στα ζωντανά κύτταρα είναι πραγματι διατεταγμένα κατά ζεύγη, αλλά ο αριθμός των ζευγών διαφέρει ανάλογα με το είδος. Τα ανθρώπινα όντα έχουν 23 ζεύγη. Στα είδη που αναπαράγονται σεξουαλικά τα ζεύγη των χρωμοσωμάτων που υπάρχουν στα κύτταρα και τα οποία πρόκειται να γίνουν ωάρια και σπερματοζωάρια χωρίζονται τη στιγμή που σχηματίζονται αυτά τα εξειδικευμένα κύτταρα έτσι που ένα ωάριο κι ένα σπερματοζωάριο να περιέχουν από ένα μόνο χρωμόσωμα από κάθε ζεύγος. Η διαδικασία αυτή, η οποία ονομάζεται *μείωση*, περιλαμβάνει μια περίπλοκη αναδιάταξη που έχει ονομαστεί «ο χορός των χρωμοσωμάτων». Η σπουδαιότητά της έγκειται στον τυχαίο χαρακτήρα της ποικιλίας των γονιδίων που καταλήγει να υπάρχει στους πυρήνες του ωαρίου και του σπερματοζωαρίου, διασφαλίζοντας ότι δε θα υπάρχουν δύο άτομα –πλην των παχομοιότυπων διδύμων– που θα έχουν ποτέ την ίδια συλλογή γονιδίων από έναν από τους γονείς τους. Στην περίπτωση των ανθρώπων το γονιμοποιημένο ωάριο καταλήγει να έχει 23 πλήρη ζεύγη χρωμοσωμάτων – αλλά τα μισά από καθένα εκ των 23 ζευγών θα έχουν προκύψει από τον

πατέρα και τα άλλα μισά από τη μητέρα. Η γενετική συγκρότηση του απογόνου θα εξαρτάται από τα γονίδια που βρίσκονται στα χρωμοσώματα τα οποία ο απόγονος θα λάβει από κάθε γονέα. Αυτό το τυχαίο στοιχείο στην κληρονομικότητα είναι που κάνει τη σεξουαλική αναπαραγωγή τόσο ισχυρό μηχανισμό για την αναδιανομή μεγάλων ποσοτήτων γενετικού υλικού μέσω αλληπάλληλων γενεών, παράγοντας την τεράστια ποικιλία ανάμεσα στα μεμονωμένα μέλη του ίδιου είδους η οποία παρέχει την πρώτη ύλη για τη διαδικασία της φυσικής επιλογής.

Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΓΕΝΝΗΣΕΩΝ Οι πολλαπλές γεννήσεις είναι δύο ειδών: αυτές που προκαλούνται από την ταυτόχρονη ανάπτυξη δύο γονιμοποιημένων ωαρίων και εκείνες που προκύπτουν από το χωρισμό ενός μόνο ωαρίου. Τα δίδυμα, τρίδυμα κτλ. που προκύπτουν από ένα μόνο ωάριο ονομάζονται *γνήσια*, ενώ εκείνα που προκύπτουν από δύο ταυτόχρονες συλλήψεις ονομάζονται *ψευδή*. Τα πρώτα έχουν την ίδια ακριβώς γενετική συγκρότηση, αλλά τα δεύτερα δεν είναι περισσότερο όμοια στη γενετική κληρονομιά τους από οποιουδήποτε άλλους απογόνους που η σύλληψή τους έγινε χωριστά.

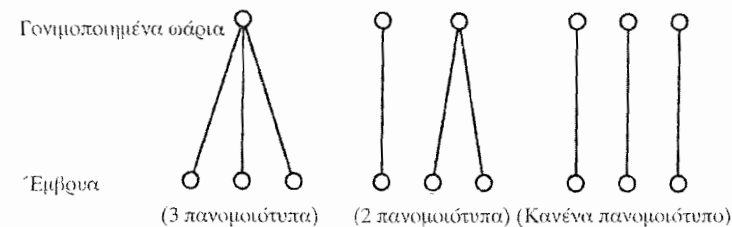
Η εμφάνιση πανομοιότυπων διδύμων είναι θέμα τύχης και παρατηρείται κατά μέσο όρο μία φορά σε κάθε 250 γεννήσεις, ανεξάρτητα από τη φυλετική καταγωγή των γονέων. Από την άλλη πλευρά, το ποσοστό των αδελφικών (μη πανομοιότυπων) διδύμων γεννήσεων επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από τον φυλετικό παράγοντα. Για παράδειγμα, στις ΗΠΑ το ποσοστό των διδύμων γεννήσεων από Αφροαμερικανίδες ανέρχεται σε 1 ανά 70 περιπτώσεις και στις γυναίκες

από την καυκάσια φυλή σε 1 ανά 88 περιπτώσεις. Στην περίπτωση των Κινέζων, η αναλογία είναι 1 στις 300 περιπτώσεις. Οι πιθανότητες για πολλαπλή γέννηση πέραν των διδύμων μειώνονται ακόμα περισσότερο. Έτσι, και πάλι στις ΗΠΑ, ενώ κατά μέσο όρο έχουμε γέννηση διδύμων σε αναλογία 1 σε κάθε 90 περιπτώσεις, η αναλογία για τη γέννηση τριδύμων είναι 1 για κάθε 7.500 περιπτώσεις και για τετράδυμα 1 κάθε 650.000 περιπτώσεις.

Οι αναλογίες σε όλες τις περιπτώσεις αφορούν μέσους όρους. Η πιθανότητα για αδελφικές πολλαπλές γεννήσεις σε μια συγκεκριμένη περίπτωση εξαρτάται σημαντικά από τις ατομικές συνθήκες. Είναι πολύ πιο σύνηθες φαινόμενο στην περίπτωση γυναικών με οικογενειακό ιστορικό πολλαπλών γεννήσεων ή με προσωπικό ιστορικό πολλαπλών γεννήσεων και στην περίπτωση μητέρων μεγαλύτερης ηλικίας. Οι γυναίκες που ακολουθούν αγωγή καταπολέμησης της υπογονιμότητας έχουν πολύ υψηλότερη πιθανότητα για πολλαπλή κύηση.

Μια απλή εγκυμοσύνη μπορεί να οδηγήσει σε μια πολλαπλή γέννηση με πανομοιότυπα ή αδελφικά τέκνα, ή ένα συνδυασμό των δύο, ανάλογα με τον αριθμό των ωαρίων που γονιμοποιήθηκαν. Για παράδειγμα, τρίδυμα μπορεί να γεννηθούν με τους τρόπους που παρουσιάζονται στην Εικόνα 21.

Η ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΚΑΙ Η ΦΥΣΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1920, η γενετική του Μέντελ έδειχνε ότι εκπροσωπούσε όλους τους προγενέστερους επιστήμονες. Μερικοί βιολόγοι, έχοντας στο οπλοστάσιό τους την έννοια της μετάλλαξης, είχαν πιστέψει ότι δε χρειαζόνταν τις μάλλον υπερβολικές ιδέες του Δαρβίνου περί φυσικής επι-



Εικόνα 21. Ο μηχανισμός των πολλαπλών γεννήσεων
Ο αριθμός των πιθανών συνδυασμών που οδηγούν στη γέννηση τριδύμων

λογής. Όμως μερικοί δαρβινιστές, με επικεφαλής τον Ερνστ Μάιρ από το Χάρβαρντ, πέρασαν στην αντεπίθεση. Μέχρι το 1940 είχαν καταλήξει σε μια συμβιβαστική θεωρία η οποία ονομάστηκε νεοδαρβινισμός. Επρόκειτο για το σμίξιμο της γενετικής του Μέντελ με τη θεωρία του Δαρβίνου. Εκτοτε, έχει γίνει γενικά αποδεκτή η άποψη πως στην εξέλιξη των νέων ειδών οδηγεί η φυσική επιλογή –ειδικότερα σε μικρούς απομονωμένους πληθυσμούς– ως αποτέλεσμα των περιβαλλοντικών πιέσεων, η οποία λειτουργεί μέσω της κληρονομικότητας του Μέντελ. Στην τυχαία μετάλλαξη δόθηκε ένας δευτερεύων ρόλος.

ΤΟ ΝΟΥΚΛΕΪΚΟ ΟΞΥ Έχοντας καταλήξει σε συμφωνία όσον αφορά το ευρύτερο πλαίσιο, η προσοχή στράφηκε στη συνέχεια προς τη βιοχημεία της εξέλιξης: τους μηχανισμούς σε μοριακό επίπεδο που κωδικοποιούν τις πληροφορίες οι οποίες πρέπει να μεταφερθούν μέσα στα γονίδια προκειμένου οι κληρονομικοί παράγοντες να μεταβιβαστούν στις κατοπινές γενιές. Το κέρδος από αυτή την αναζήτηση θα

ήταν μεγάλο. Αυτό που έψαχνε ο άνθρωπος δεν ήταν τίποτα λιγότερο από το μυστικό της ζωής.

Το 1869 ένας Ελβετός βιοχημικός, ο Φρίντριχ Μίσερ, που εργαζόταν στο πανεπιστήμιο του Τίμπινγκεν, ανακάλυψε μια ουσία που φαινόταν ότι υπήρχε στον πυρήνα όλων των κυττάρων. Την ουσία αυτή την ονόμασε νουκλεΐνη, αλλά αργότερα έγινε γνωστή ως νουκλεϊκό οξύ. Η περαιτέρω έρευνα απέδειξε ότι υπήρχαν δύο τουλάχιστον τύποι νουκλεϊκού οξέος. Σε έναν από αυτούς, που αποτέλεσε θέμα εκτεταμένης ανάλυσης, δόθηκε το όνομα δεσοξυριβονουκλεϊκό οξύ ή DNA. Κατόπιν γεννήθηκαν δύο ερωτήματα: σε ποιο ακριβώς σημείο του πυρήνα βρισκόταν το DNA και ποια ήταν η λειτουργία του;

Ένας Γερμανός χημικός, ο Ρόμπερτ Φόιλγκεν, απάντησε το πρώτο υποστηρίζοντας ότι το DNA βρισκόταν στα χρωμοσώματα και συγκεκριμένα μέσα στα γονίδια. Το δεύτερο ερώτημα απαντήθηκε το 1944 από έναν Αμερικανοκαναδό φυσικό, τον Όσβαλντ Έιβερι, και τους συνεργάτες του στο Ινστιτούτο Ροκφέλερ της Νέας Υόρκης.

Η ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ DNA Ο Όσβαλντ Τ. Έιβερι γεννήθηκε το 1877 στο Χάλιφαξ της Νέας Σκωτίας. Ήταν γιος κληρικού ο οποίος μετανάστευσε στις ΗΠΑ όταν ο γιος του ήταν δέκα ετών. Το 1904 πήρε το πτυχίο του γιατρού από το πανεπιστήμιο Κολούμπια και εντάχθηκε στο δυναμικό του Ινστιτούτου Ροκφέλερ έπειτα από εννέα χρόνια, το 1913.

Η ομάδα του Έιβερι πραγματοποιούσε έρευνες σε δύο είδη –των αδρής (R) και των λείας μορφής (S)– πνευμονιόκοκκων, των βακτηριδίων που προκαλούν την πνευμονία. Ανακάλυψαν ότι αν αναμειξουν μια ζωντανή αδρή αποικία βακτηρι-

δίων με ένα απόσταγμα της λείας μορφής και διοχετεύσουν με ένεση το μείγμα σε έναν ποντικό, ο ιστός του ποντικού θα αποκτήσει σε εύθετο χρόνο ζωντανά ίχνη της λείας μορφής. Η σπουδαιότητα αυτής της διαπίστωσης ήταν δύσκολο να γίνει αντιληπτή από έναν μη ειδικό. Για τους βιολόγους όμως το αποτέλεσμα ήταν εντυπωσιακό. Η λεία μορφή, παρόλο που δεν ήταν πλέον ζωντανή, ήταν σαφές ότι περιείχε κάτι που μπορούσε να μετατρέψει την αδρή μορφή σε λεία, με άλλα λόγια να αλλάξει τη γενετική της συγκρότηση. Όταν ο Έιβερι και οι συνεργάτες του κατάφεραν να δείξουν ότι το εμπλεκόμενο υλικό ήταν καθαρό DNA, έγινε σαφές ότι το DNA έπαιζε κεντρικό ρόλο στην αναπαραγωγική διαδικασία. Κάθε ερευνητής στον τομέα ενημερώθηκε για την ανακάλυψη· όποιος κατόρθωνε να βρει τη μοριακή δομή θα έδινε ενδεχομένως τη λύση στο ερώτημα που ο Δαρβίνος δεν ήταν σε θέση να απαντήσει: ποιος ήταν ο μηχανισμός της κληρονομικότητας που έδινε τη δυνατότητα σε κληρονομικούς παράγοντες να μεταβιβαστούν στις επόμενες γενιές και είχε ως αποτέλεσμα την εξέλιξη μέσω της φυσικής επιλογής;

Η ΣΧΑΣΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ Ενώ οι βιολόγοι αποκάλυπταν τα μυστικά των ζωντανών κυττάρων, οι φυσικοί αναζητούσαν τα μυστικά του πυρήνα του ατόμου. Τριάντα χρόνια μετά τη δημοσίευση της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας ο μαθηματικός τύπος του Αϊνστάιν που εξέφραζε την ισοδυναμία της μάζας και της ενέργειας δε στηριζόταν σε κάποια πειραματικά στοιχεία αλλά σε υποθέσεις. Ο Αϊνστάιν είχε υποστηρίξει ότι θα ήταν δυνατό να τον ελέγξει με πειράματα όπου θα βομβαρδίζονταν οι πυρήνες των βαρέων στοιχείων. Ωστόσο, μόλις τον Ιανουάριο του 1939 έγινε ένα πείραμα που έδειξε την

εγκυρότητα του μαθηματικού τύπου. Πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο του Ινστιτούτου Χημείας του Αυτοκράτορα Γουλιέλμου στο Βερολίνο. Οι επιστήμονες που συμμετείχαν ήταν μία Αυστριακή φυσικός, η Λίζε Μάιτνερ, και δύο Γερμανοί χημικοί, ο Ότο Χαν και ο Φριτς Στράσμαν.

Η Μάιτνερ γεννήθηκε το 1878 στη Βιέννη· κόρη ενός Εβραίου δικηγόρου, η ίδια είχε ασπαστεί τον προτεσταντισμό. Ακολουθώντας το παράδειγμα της Μαρία Κιουρί, σπούδασε φυσική στη Βιέννη. Το 1907 επισκέφθηκε το Βερολίνο για να παρακολουθήσει διαλέξεις από τον πρωτοπόρο στη θεωρία των κβάντων, τον Γερμανό φυσικό Μαξ Πλανκ. Εκεί γνώρισε τον Ότο Χαν. Παρέμεινε στο Βερολίνο και σύντομα έγινε διευθύντρια του τμήματος φυσικής στο Ινστιτούτο του Αυτοκράτορα Γουλιέλμου, ενώ ο Χαν έγινε διευθυντής του τμήματος χημείας. Το 1939 συμπλήρωσαν τριάντα χρόνια συνεργασίας. Η Μάιτνερ ήταν 60 ετών και ο Χαν ένα χρόνο νεότερός της. Ο Στράσμαν, ο οποίος είχε μόλις ξεκινήσει συνεργασία μαζί τους, ήταν 36 χρόνων.

Τον Ιανουάριο του 1939 η Μάιτνερ, ο Χαν και ο Στράσμαν ασχολήθηκαν με ένα ερευνητικό πρόγραμμα που στηριζόταν σε κάποια προγενέστερη εργασία του Ενρίκο Φέρμι, καθηγητή φυσικής στο πανεπιστήμιο της Ρώμης: αυτός είχε χρησιμοποιήσει ένα πρόσφατα ανακαλυφθέν σωματίδιο, το νετρόνιο, για να βομβαρδίσει τον πυρήνα του ουρανίου. Ένα από τα πειράματά τους έφερε κάποιο μυστηριώδες αποτέλεσμα. Όταν βομβάρδισαν ουράνιο με νετρόνια, διαπίστωσαν ότι παρήγαγαν ισότοπα του βαρίου και του κρυπτού. Και για κάθε νετρόνιο που είχε απορροφηθεί στη διαδικασία, είχαν αποδεσμευτεί δύο νέα νετρόνια. Αυτό ήταν εκπληκτικό. Όμως ακόμα πιο εκπληκτική ήταν η ποσότητα

της εκλυόμενης ενέργειας ως υποπροϊόν της αντίδρασης.

Σχεδόν αμέσως μετά το πείραμα η Μάιτνερ μετέβη σιδηροδρομικώς στην Ολλανδία δήθεν για μία εβδομάδα διακοπές. Τα πραγματικά κίνητρά της για το ταξίδι ήταν δύο. Αφενός, πίστευε ότι την είχαν βάλει στο στόχαστρο για να την κλείσουν σε στρατόπεδο συγκέντρωσης – λόγος που από μόνος του ήταν περισσότερο από επαρκής ώστε να αναχωρήσει από τη Γερμανία. Πέραν αυτού, όμως, η μαθηματική της κατάρτιση της είχε δώσει τη δυνατότητα να καταλάβει τις συνέπειες του πειράματος που προς στιγμήν είχε συναρπάσει τους συναδέλφους της χημικούς. Αυτό που είχαν δει με τα ίδια τους τα μάτια, πίστευε η Μάιτνερ, ήταν η σχάση του πυρήνα του ουρανίου σε δύο λίγο-πολύ ίσα κομμάτια. Η τεράστια ποσότητα ενέργειας που εκλύονταν αντιπροσώπευε κατά τη Μάιτνερ μια μετατροπή μάζας σε ενέργεια της μορφής που έδειχνε ο μαθηματικός τύπος του Αϊνστάιν. Και θεώρησε επείγουσα ανάγκη να προειδοποιήσει τον κόσμο εκτός Γερμανίας για την απειλή που συνιστούσε αυτό το πράγμα. Ενώ βρισκόταν στην Ολλανδία και διαπραγματευόταν τη χορήγηση βίζας για τη Σουηδία, οι δύο συνάδελφοί της δημοσίευσαν μια έκθεση σχετικά με το πείραμά τους, το οποίο κατά συνέπεια έγινε γνωστό ως «πείραμα Χαν-Στράσμαν». Ωστόσο, αυτοί δεν ήταν σε θέση να δώσουν καμία ερμηνεία για το αποτέλεσμα.

Η ΑΤΟΜΙΚΗ ΒΟΜΒΑ Η εργασία των Χαν και Στράσμαν προκάλεσε πυρετώδη ενθουσιασμό στην επιστημονική κοινότητα. Μέχρι να προσγειωθεί το αεροπλάνο στο οποίο επέβαινε η Μάιτνερ, το πείραμα είχαν ήδη επαναλάβει στο Παρίσι η Ειρήνη, η κόρη της Μαρία Κιουρί, και ο σύζυγός της, ο Πιερ

Ζολιό. Στη Στοκχόλμη η Μάιτνερ μοιράστηκε τις σκέψεις της σχετικά με τη σχάση των πυρήνων με τον ανιψιό της, τον φυσικό Ότο Φρις, ο οποίος τις μετέφερε στον πεθερό του, τον Δανό φυσικό Νιλς Μπορ. Ο Μπορ είχε επισκεφθεί τις ΗΠΑ και έτσι του δόθηκε η δυνατότητα να συζητήσει τις συνέπειες με τους εκεί φυσικούς, μεταξύ των οποίων ήταν και ο Αϊνστάιν. Μέσα σε δέκα ημέρες το πείραμα είχε επαναληφθεί στο πανεπιστήμιο Κολούμπια, στο Εργαστήριο Τζονς Χόπκινς και στο Ινστιτούτο Κάρνεγκι στην Ουάσινγκτον.

Στην ομάδα του πανεπιστημίου Κολούμπια ήταν ο Φέρμι, ο οποίος είχε καταφύγει εκεί εξαιτίας του ιταλικού φασισμού. Συζήτησε με τον Μπορ την πιθανότητα να εκμεταλλευτούν τη διαδικασία που ακολουθούσαν ήδη για να προκαλέσουν μια αλυσιδωτή αντίδραση. Στην αντίδραση αυτή, τα ραδιενεργά σωματίδια που παράγονταν στην αρχή της σχάσης θα προκαλούσαν τη σχάση κι άλλων πυρήνων –όπως συμβαίνει με ένα πυροτέχνημα που σκάει μέσα σε ένα εργοστάσιο πυρομαχικών–, διαδικασία η οποία θα κορυφωνόταν με μια μαζική έκρηξη. Αν μια τέτοια διαδικασία ήταν πιθανή, όλοι οι υπολογισμοί έδειχναν ότι μία λίβρα ουρανίου θα μπορούσε να προκαλέσει μια έκρηξη ισοδύναμη με εκείνη 40 εκατομμυρίων λιβρών TNT.

Τότε γεννήθηκε το εξής ερώτημα: αν ήταν δυνατόν να σημειωθεί μια τέτοια αντίδραση, γιατί δεν είχε συμβεί στα εργαστήρια όπου έγινε επίδειξη της σχάσης του ατόμου; Η απάντηση ήταν ότι το ουράνιο που χρησιμοποιήθηκε αποτελούνταν από τρία διαφορετικά είδη, και ένα μόνο από αυτά –το ουράνιο 235– ήταν δυνατό να υποστεί σχάση. Αυτό αντιπροσώπευε ποσοστό μικρότερο του 1% της μάζας των δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν.

Το Μάρτιο του 1940, έξι μήνες μετά την εισβολή των γερμανικών στρατευμάτων στην Πολωνία, η ομάδα του πανεπιστημίου Κολούμπια εξασφάλισε τα πρώτα δείγματα από το καθαρό ουράνιο 235 και είχε τη δυνατότητα να επιβεβαιώσει ότι αυτό το ισότοπο ήταν η πηγή του προϊόντος της σχάσης. Ο ίδιος ο Αϊνστάιν είχε πει, μόλις ένα χρόνο νωρίτερα, ότι ήταν «σίγουρος, σχεδόν σίγουρος, πως για πολύ καιρό ακόμα δε θα ήταν δυνατό να μετατραπεί ύλη σε ενέργεια για πρακτικούς σκοπούς». Όμως μέχρι τον Οκτώβριο του 1939 ένοιωθε τέτοια αβεβαιότητα ως προς αυτό, ώστε έστειλε επιστολή στον πρόεδρο Ρούσβελτ. Του εξηγούσε ότι ίσως ήταν δυνατό να επιτευχθεί μια πυρηνική αλυσιδωτή αντίδραση «στο άμεσο μέλλον» προσθέτοντας πως ήταν «εφικτό... να κατασκευαστούν άκρως ισχυρές βόμβες κάποιου νέου τύπου». Η απάντηση του προέδρου ήταν να συγκροτήσει το φορέα που εξελίχθηκε στο Εθνικό Συμβούλιο Αμυντικών Ερευνών.

Γνωρίζοντας ότι και οι Γερμανοί διεξήγαγαν έρευνες για ατομικά όπλα, η βρετανική κυβέρνηση ξεκίνησε το δικό της πρόγραμμα. Μέχρι το καλοκαίρι του 1941 η βρετανική ομάδα ήταν σίγουρη ότι αυτού του είδους τα όπλα μπορούσαν όντως να κατασκευαστούν. Το Νοέμβριο, το Εθνικό Συμβούλιο Αμυντικών Ερευνών ανέφερε στον πρόεδρο τα συμπεράσματά του, σύμφωνα με τα οποία «αν καταβληθεί κάθε δυνατή προσπάθεια στο πρόγραμμα, θα μπορούσαμε να περιμένουμε ότι οι βόμβες σχάσης πυρήνων θα είναι διαθέσιμες σε σημαντικές ποσότητες μέσα σε τρία ή τέσσερα χρόνια». Στις 6 Δεκεμβρίου η κυβέρνηση αποφάσισε να καταβληθεί μια «ολομέτωπη» προσπάθεια ώστε να κατασκευαστεί μια ατομική βόμβα. Την επόμενη μέρα οι Ιάπωνες επιτέθηκαν στο Περλ Χάρμπορ. Ξαφνικά η φυσική πέρασε στο προσκήνιο.

Ο ΠΡΩΤΟΣ ΠΥΡΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ Η «ολομέτωπη» προσπάθεια που ξεκίνησαν οι ΗΠΑ ήταν το πιο φιλόδοξο εγχείρημα στην εφαρμοσμένη φυσική που γνώρισε η ανθρωπότητα. Στην κορύφωσή του οι εργαζόμενοι που απασχολούνταν σε αυτό αριθμούσαν 125.000 άτομα. Πολλοί από αυτούς εργάζονταν στην κατασκευή των πρώτων υλών για τη βόμβα στα εργοστάσια του Όουκ Ριτζ στο Τενεσί, που σε κάποια χρονική στιγμή κατανάλωναν το ένα έβδομο της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παρήγαγε η χώρα. Ενώ κατασκευάζονταν αυτές οι εγκαταστάσεις, μερικοί από τους πιο προικισμένους πυρηνικούς φυσικούς του κόσμου απασχολούνταν για να αποδείξουν το εφικτό μιας ελεγχόμενης αλυσιδωτής αντίδρασης. Ο όρος «ελεγχόμενη» στην προκειμένη περίπτωση σήμαινε «αργή», αυτοσυντηρούμενη αντίδραση, όπου ο αριθμός των νετρονίων που παράγονταν ήταν ακριβώς ίσος με τον αριθμό εκείνων που απελευθερώνονταν.

Ένα πρόβλημα που αντιμετώπιζε η ομάδα ήταν ότι η ταχύτητα των νετρονίων και η έκταση του υποατομικού χώρου μέσω του οποίου κινούνταν ήταν τόσο μεγάλη, ώστε τα περισσότερα διέφευγαν προτού προλάβουν να συγκρουστούν με ένα από τα άτομα που υποτίθεται θα διασπούσαν. Συνεπώς ήταν απαραίτητο να βρεθεί ένα μέσο επιβράδυνσης των νετρονίων προκειμένου να αυξηθεί η πιθανότητα να εμπλακούν σε κάποια σύγκρουση. Το μέσο επιβράδυνσης που επιλέχτηκε ήταν ο καθαρός γραφίτης και έτσι κατασκευάστηκαν τούβλα από γραφίτη, που τα αποθήκευσαν σε ένα γήπεδο του τένις στο στάδιο του πανεπιστημίου του Σικάγο.

Ένα άλλο πρόβλημα που αντιμετώπιζε η ομάδα ήταν ότι αν αποδεικνυόταν πως δεν μπορούσαν να κατευθύνουν τη

διαδικασία που ξεκίνησαν, μια ανεξέλεγκτη αλυσιδωτή αντίδραση θα μπορούσε να εξαφανίσει όχι μόνο αυτούς, αλλά και ένα σημαντικό τμήμα του πανεπιστημίου. Θεωρητικά υπήρχε ένα χρονικό περιθώριο να εφαρμοστούν τα μέσα ελέγχου που θα επιβράδυναν την αντίδραση, αν παρουσιαζόταν κίνδυνος. Όμως το περιθώριο ήταν μικρό. Γι' αυτό και έλεγξαν πάλι πολύ προσεκτικά τους υπολογισμούς τους προτού γυρίσουν το διακόπτη για να ξεκινήσει η πυρηνική αντίδραση. Οι μετρητές Geiger καθώς και η καρδιά των μελών της ομάδας άρχισαν έναν αγώνα δρόμου.

Στις 3.20 μ.μ. της 2ης Δεκεμβρίου 1942 ο Φέρμι κατάφερε να ανακοινώσει στους συναδέλφους του ότι είχαν επιτύχει την πρώτη παγκοσμίως αυτοσυντηρούμενη αλυσιδωτή αντίδραση. Ο υποψήφιος για το βραβείο Νομπέλ, ο Άρθουρ Χ. Τόμπσον, ήταν εκείνος που του έπεσε ο κλήρος να ενημερώσει τον Αμερικανό πρόεδρο για την επιτυχία τους: «Ο Ιταλός θαλασσοπόρος μόλις αφίχθη στον Νέο Κόσμο», του ανακοίνωσε. Ο Ιταλός θαλασσοπόρος δεν ήταν μόνος. Τώρα όλοι βρίσκονταν σε ένα Νέο Κόσμο.

Ο ΠΥΡΗΝΙΚΟΣ ΠΟΛΕΜΟΣ Ακολούθησε η πρώτη μη ελεγχόμενη αλυσιδωτή αντίδραση. Πραγματοποιήθηκε στις 5.30 π.μ. της 16ης Ιουλίου 1945, μέσα σε μια καταιγίδα στην αεροπορική βάση Αλαμογκόρντο στο Νέο Μεξικό, όταν μια βόμβα που περιείχε 9 κιλά ουρανίου 235 και πλουτώνιο πυροδοτήθηκε στην κορυφή ενός χαλύβδινου πύργου προκαλώντας μια έκρηξη που έφτασε τα 50 εκατομμύρια βαθμούς Κελσίου, διέθετε ισχύ ίση με εκείνη της έκρηξης 20.000 τόνων ΤΝΤ και δημιούργησε έναν κρατήρα με διάμετρο 800 μέτρων. Τρεις εβδομάδες αργότερα, στις 8.15 π.μ. της 6ης Αυγού-

στου, η δίδυμη με την προηγούμενη ατομική βόμβα πυροδοτήθηκε πάνω από την ιαπωνική πόλη Χιροσίμα προκαλώντας μια πυρίνη λαίλαπα που κατάκαψε 80.000 πολίτες και άφησε πίσω της ένα έρημο τοπίο στη θέση όπου βρισκόταν μια μεγάλη πόλη. Στις 9 Αυγούστου, προκειμένου να γίνει καλύτερα αντιληπτό το μήνυμα, πυροδοτήθηκε ένα παρόμοιο όπλο πάνω από την πόλη Ναγκαασάκι. Έτσι τερματίστηκε ο Β΄ Παγκόσμιος Πόλεμος.

Η ΚΟΥΡΣΑ ΤΩΝ ΠΥΡΗΝΙΚΩΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΩΝ Οι επιστήμονες που έκαναν εκστρατεία κατά των πυρηνικών όπλων ματαιοπονούσαν. Αφού έμαθαν καλά την τεχνολογία της σχάσης του ατόμου, οι χώρες που είχαν την οικονομική δυνατότητα ήταν αποφασισμένες να κατακτήσουν την ακόμα πιο ισχυρή τεχνολογία της *τήξης* του ατόμου. Στη δεκαετία του 1950, πρώτες οι ΗΠΑ και στη συνέχεια η Ρωσία, και αργότερα το Ηνωμένο Βασίλειο, έδειξαν την επιστημονική πυγμή τους πυροδοτώντας βόμβες υδρογόνου.

Οι βόμβες υδρογόνου πετυχαίνουν το στόχο τους μετατρέποντας το υδρογόνο σε ήλιον –διαδικασία που επιτυγχάνει θερμοκρασία ίση με εκείνη του Ήλιου– και χρησιμοποιούν ως πρότυπο βόμβες σαν κι εκείνη που εξερράγη στη Χιροσίμα. Οι Ρώσοι πέτυχαν τη μεγαλύτερη έκρηξη. Στις 20 Οκτωβρίου 1961 στο βορειότερο νησί του αρχιπελάγους Νόβαγια Ζεμλιά πυροδότησαν μια συσκευή που μετέτρεψε 3 κιλά μάζας σε ελεύθερη ενέργεια. Η ισχύς της έκρηξης που ακολούθησε, εκφρασμένη συνοπτικά για να επιτρέψει τη σύγκριση, ανήλθε σε 57 μεγατόνους, δηλαδή ήταν 3.000 φορές μεγαλύτερη από την έκρηξη που αφάνισε από πρόσωπου γης τη Χιροσίμα. Αυτό ονομάζεται «εφαρμοσμένη επιστήμη».

Ο ΛΑΪΝΟΥΣ Κ. ΠΟΛΙΝΓΚ Ο σπουδαιότερος χημικός του εικοστού αιώνα γεννήθηκε το Φεβρουάριο του 1901 στο Πόρτλαντ της αμερικανικής πολιτείας Όρεγκον. Τον έλεγαν Λάινους Κ. Πόλινγκ και ήταν γιος ενός φαρμακοποιού και ο μεγαλύτερος από τρία αδέρφια. Ο πατέρας του πέθανε όταν ο Λάινους ήταν 9 ετών. Το ενδιαφέρον του Πόλινγκ για τη χημεία ξεκίνησε από την ημέρα που του χάρισαν ένα πακέτο για πειράματα χημείας σε ηλικία 13 ετών. Φοίτησε στο Γεωργικό Κολέγιο του Όρεγκον. Στη διάρκεια του τρίτου έτους οι καθηγητές του ήταν τόσο εντυπωσιασμένοι από τις ικανότητές του, ώστε μόλις αποφοίτησε του πρότειναν να εργαστεί ως έμμισθος καθηγητής διδάσκοντας μαθηματικά στους δευτεροετείς φοιτητές. Ήταν μια πρόταση που ο Πόλινγκ αποδέχτηκε ευχαρίστως δεδομένου ότι υποστήριζε τη μητέρα του που ήταν βαριά άρρωστη.

Πήρε το πτυχίο του το 1922 και κατόπιν μετέβη στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Καλιφόρνια (CalTech). Η διδακτορική του διατριβή εκεί αφορούσε τη δομή των κρυστάλλων όπως αποκάλυψε η κρυσταλλογραφία των ακτίνων Χ, μια πανίσχυρη νέα διαδικασία που εφεύρε το 1912 ο Γερμανός φυσικός Μαξ φον Λάουε. Η *κρυσταλλογραφία των ακτίνων Χ* είναι η ανάλυση της δομής των κρυστάλλων με τη χρήση μιας τεχνικής που είναι γνωστή ως περίθλαση ακτίνων Χ.

Ο Πόλινγκ πήρε το διδακτορικό του το 1925, έγινε μέλος του διδακτικού προσωπικού του Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Καλιφόρνια και διορίστηκε καθηγητής το 1927. Τέσσερα χρόνια μετά, έφερε την επανάσταση στην ατομική θεωρία με την ανάλυσή του σχετικά με τη φύση των χημικών δεσμών μέσω των οποίων τα άτομα ενώνονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν μόρια. Η ανάλυση αυτή, που περιεχόταν σε ένα

άρθρο στο περιοδικό *Journal of the American Chemical Society*, εισήγαγε στη χημεία ιδέες από τη νέα επιστήμη της κβαντομηχανικής, αντιμετωπίζοντας τα ηλεκτρόνια ως κυματοειδείς μορφές παρά ως σωματίδια. Αυτό εξηγούσε τους χημικούς δεσμούς ως τη συνένωση κατά ζεύγη των ηλεκτρονίων από ξεχωριστά άτομα. Το 1939 παρουσίασε συνοπτικά τις ιδέες του σχετικά με τη μοριακή δομή σε ένα βιβλίο που είχε τίτλο *Ο χαρακτήρας του χημικού δεσμού* και το οποίο αποδείχτηκε καθοριστικής σημασίας για τη χημεία στον εικοστό αιώνα. Το 1954 του απονεμήθηκε το βραβείο Νομπέλ Χημείας. Το 1962 έγινε το δεύτερο άτομο μετά τη Μαρία Κιουρί που του απονεμήθηκαν δύο βραβεία Νομπέλ, όταν τιμήθηκε με το Νομπέλ Ειρήνης για τις προσπάθειές του να επιτευχθεί πυρηνικός αφοπλισμός.

Μία από τις πολλές συμβολές του Πόλινγκ στην κατανόηση της μοριακής δομής ήταν η ερμηνεία που έδωσε στα χαρακτηριστικά των υλικών σε σχέση με τους χημικούς δεσμούς ανάμεσα στα μεμονωμένα μόρια. Έτσι, για παράδειγμα, κατάφερε να δείξει ότι η σκληρότητα του διαμαντιού συγκριτικά με του γραφίτη –και οι δύο μορφές καθαρού άνθρακα– ήταν συνέπεια του διαφορετικού τρόπου με τον οποίο συνδέονταν μεταξύ τους τα άτομα του άνθρακα.

Στη δεκαετία του 1940 ο Πόλινγκ και οι συνεργάτες του έστρεψαν την προσοχή τους στα μεγάλα μόρια που είχαν ως βάση τον άνθρακα –τις πρωτεΐνες και τα αμινοξέα– και χαρακτηρίζουν τη ζώσα ύλη. Οι πρωτεΐνες παρέχουν τη δομή και υποκινούν τις διαδικασίες του σώματος, σε φυτά και ζώα. Τα αμινοξέα είναι η πρώτη ύλη με την οποία κατασκευάζονται οι πρωτεΐνες. Παραδείγματα δομικής πρωτεΐνης αποτελούν μεταξύ άλλων τα νύχια και οι μύες. Ένα παράδειγμα πρωτεΐνης

που υποκινεί μια διαδικασία είναι το ένζυμο αμυλάση, το οποίο υπάρχει στο σάλιο και μετατρέπει το άμυλο σε σάκχαρο. Μερικές από αυτές τις πρωτεΐνες έχουν εξαιρετικά περίπλοκα μόρια που ζυγίζουν χιλιάδες φορές το αντίστοιχο μόριο του νερού. Και κάθε είδος ζώντος πλάσματος κατασκευάζει μοναδικές πρωτεΐνες που άλλα είδη δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν άμεσα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο πρέπει να προβούν σε πέψη και διάσπαση της πρωτεΐνης που λαμβάνουν από την κατανάλωση φυτών και/ή άλλων ζώων προκειμένου να μπορούν να ξαναχρησιμοποιήσουν τα αμινοξέα που περιέχουν οι πρωτεΐνες.

Το Μάιο του 1951 η ομάδα του Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Καλιφόρνια προκάλεσε αίσθηση όταν δημοσίευσε επτά εργασίες της στις οποίες περιέγραφε τη δομή των πρωτεϊνών στο μετάξι, στα φτερά, στις τρίχες των μαλλιών και σε μια σειρά άλλων οργανικών υλικών. Εντούτοις, στην κούρσα για το πιο αστραφτερό βραβείο όλων των εποχών –την αποκωδικοποίηση της δομής του DNA– έμειναν δεύτεροι από μια επιστημονική ομάδα που έδρευε στα βρετανικά πανεπιστήμια του Λονδίνου και του Κέμπριτζ.

Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ DNA Προς τις αρχές της δεκαετίας του 1950 ήταν σαφές ότι:

1. τα νηματοειδή χρωμοσώματα που υπάρχουν μέσα στο σπερματοζώαριο και το ωάριο μεταφέρουν τους κληρονομικούς παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν το χαρακτήρα του αναπτυσσόμενου εμβρύου·
2. οι κληρονομικοί παράγοντες είναι τα γονίδια που υπάρχουν κατά μήκος των χρωμοσωμάτων

και

3. οι «οδηγίες» που μεταφέρουν τα γονίδια περιέχονται σε χημική μορφή στη μοριακή δομή του δεσοξυριβονουκλεϊκού οξέος (DNA).

Επίσης, ήταν σαφές ότι:

A. κάποιος, πολύ σύντομα, θα προσδιόριζε τη δομή του DNA·

B. η γνώση που θα αποκτιόταν σε αυτό τον τομέα θα άλλαζε τη μελέτη της γενετικής

και

Γ. αυτός που θα έκανε τη συγκεκριμένη ανακάλυψη θα εξασφάλιζε αιώνια φήμη.

Η αναπόφευκτη τομή επιτεύχθηκε το 1953· οι άνθρωποι πίσω από αυτήν ήταν ένας Άγγλος φυσικός, που έγινε μοριακός βιολόγος, ονόματι Φράνσις Κρικ και ένας Αμερικανός βιοχημικός, ο Τζέιμς Ντ. Γουότσον.

Η ΑΚΤΙΝΟΣΚΟΠΙΚΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ Ο Φράνσις Κρικ γεννήθηκε το 1916 στο Νορθάμπτον της Αγγλίας. Σπούδασε φυσική στο πανεπιστήμιο του Λονδίνου και ασχολήθηκε με τα ραντάρ στη διάρκεια του Β' Παγκόσμιου Πολέμου. Το 1946 παρακολούθησε μια διάλεξη του Λάινους Πόλινγκ η οποία του άνοιξε τα μάτια στις δυνατότητες για μια πρωτότυπη ανακάλυψη στη μοριακή βιολογία. Αυτό τον ώθησε να κάνει αίτηση στο Κέμπριτζ για να ασχοληθεί με την έρευνα στη βιολογία. Το 1949, σε ηλικία 33 ετών, έγινε δεκτός από τη Μονάδα Ιατρικής Έρευνας στο Εργαστήριο Κάβεντις του εν λόγω πανεπιστημίου.

Ο Τζέιμς Ντιούι (Τζιμ) Γουότσον γεννήθηκε το 1928 στο Σικάγο και ήταν ένα παιδί-θαύμα. Γράφτηκε στο πανεπιστήμιο του Σικάγο σε ηλικία 15 ετών, αποφοίτησε στα 19, και τρία χρόνια αργότερα πήρε το διδακτορικό του από το πανεπιστήμιο της Ιντιάνα. Στο διάστημα που ασχολιόταν με την εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής του διάβασε ένα βιβλίο με τίτλο *Τι είναι η ζωή;* του Αυστριακού φυσικού Έρβιν Σρέντινγκερ που τον έπεισε ότι η μελέτη των γονιδίων έδινε προοπτικές για κάποια συναρπαστική ανακάλυψη. Το 1951 παρακολούθησε ένα συνέδριο στη Νάπολη, όπου γνώρισε τον Μόρις Γουίλκινς, έναν 33χρονο Βρετανό φυσικό γεννημένο στη Νέα Ζηλανδία, ο οποίος είχε ασχοληθεί με την ατομική βόμβα στην Αμερική, αλλά είχε εγκαταλείψει την πυρηνική φυσική νιώθοντας αποστροφή για τις συνέπειές της.

Ο Γουίλκινς, όπως και ο Γουότσον, εμπνεύστηκε από το βιβλίο *Τι είναι η ζωή;* του Σρέντινγκερ. Τώρα πλέον εργαζόταν στη Μονάδα Ιατρικής Έρευνας στο Βασιλικό Κολέγιο του πανεπιστημίου του Λονδίνου σχετικά με τη δομή των μεγάλων οργανικών μορίων, χρησιμοποιώντας την ίδια τεχνική της ανάλυσης της περίθλασης των ακτίνων Χ όπως και η ομάδα του Πόλινγκ στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Καλιφόρνια. Η περιγραφή της εργασίας του Γουίλκινς ενίσχυσε το ενδιαφέρον του Γουότσον για το θέμα αυτό και ο Γουότσον έκανε αίτηση και έγινε δεκτός να ασχοληθεί με την έρευνα στο Εργαστήριο Κάβεντις. Στο Κέμπριτζ έφτασε λίγο μετά τα εικοστά τρίτα του γενέθλια και αμέσως συνδέθηκε με ζεστή φιλία με τον 35χρονο Κρικ.

Ο Κρικ και ο Γουότσον ήταν αποφασισμένοι να ερευνήσουν τη δομή του DNA, αλλά οι ανώτεροί τους τους αποθάρρυναν δεδομένου ότι γνώριζαν πως βρισκόταν ήδη σε

εξέλιξη κάποια έρευνα στο Βασιλικό Κολέγιο. Η έρευνα στο κολέγιο αυτό ήταν μια ομαδική προσπάθεια από τον Γουίλκινς και μια 30χρονη Βρετανίδα χημικό, τη Ρόζαλιντ Φράνκλιν. Στην έρευνα παρουσιάζονταν προβλήματα λόγω της σύγκρουσης των προσωπικοτήτων τους. Η Φράνκλιν ήταν πολύ πεπειραμένη στην κρυσταλλογραφία. Η κρυσταλλογραφία είναι μια πολύ απαιτητική τεχνολογία η οποία βασίζεται στην τεχνική της περίθλασης των ακτίνων Χ, που είναι απαραίτητη στην έρευνα της δομής των μεγάλων μορίων. Ήταν μια τεχνολογία στην οποία ούτε ο Κρικ ούτε ο Γουότσον διέθεταν πείρα. Λόγω αυτού του γεγονότος έκαναν ό,τι καλύτερο μπορούσαν με το μόνο διαθέσιμο εργαλείο που είχαν στη διάθεσή τους: την κατασκευή μοντέλων. Όμως αν δεν είχαν τα στοιχεία που θα μπορούσε να τους προσφέρει η κρυσταλλογραφία, δεν μπορούσαν να σημειώσουν πραγματική πρόοδο. Και θα ήταν απλώς θέμα χρόνου μέχρι η ομάδα του Πόλινγκ στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Καλιφόρνια, που ήταν έμπειρη τόσο στη δημιουργία μοντέλων όσο και στην κρυσταλλογραφία, να βρει τη σωστή απάντηση. Το βιβλίο *Η φύση του χημικού δεσμού* του Πόλινγκ ήταν για τον Γουότσον η Βίβλος στις προσπάθειές του να κατασκευάσει ένα πειστικό μοντέλο. Το απογοητευτικό σε αυτή την υπόθεση ήταν ότι ο διευθυντής του Εργαστηρίου Κάβεντις, ο Λόρενς Μπραγκ, και ο διευθυντής της Μονάδας Κρυσταλλογραφίας, ο Μαξ Πέρουτς, ήταν έμπειροι κρυσταλλογράφοι. Επέμεναν πάντως ότι η φήμη της Μονάδας Ιατρικής Έρευνας δεν πρέπει να κινδυνεύσει επειδή επαναλαμβάνει την έρευνα που χρηματοδοτούσε το Βασιλικό Κολέγιο.

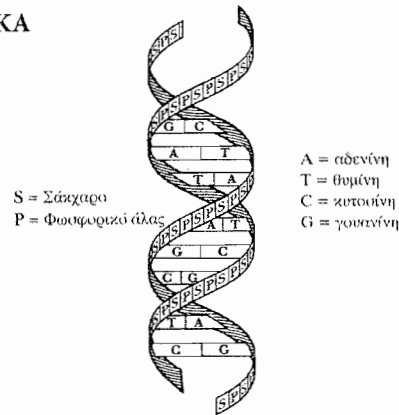
Δεν ήταν θέμα καθορισμού της χημικής σύστασης του μορίου του DNA. Ήταν ήδη πολύ γνωστό ότι ήταν φτιαγμένο

από μία σειρά βάσεων, που ήταν τεσσάρων ειδών: θυμίνη (T), γουανίνη (G), κυτοσίνη (C) και αδενίνη (A), και ήταν προσκολλημένη κατά ζεύγη σε μια ραχοκοκαλιά από φωσφορικό σάκχαρο. Κανένας όμως δε γνώριζε ποια μορφή έπαιρνε η ραχοκοκαλιά ή πώς εφάρμοζαν σε αυτή τα ζεύγη βάσεων. Αν δε δίνονταν απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα, δε θα μπορούσε να υπάρξει καμία ολοκληρωμένη κατανόηση του αναλυτικού μηχανισμού της κληρονομικότητας. Και σίγουρα δε θα υπήρχε καμία πιθανότητα εφαρμογής θεωρητικών γνώσεων σε πραγματικά προβλήματα, όπως οι κληρονομικές ασθένειες.

Από ειρωνεία της τύχης, η τομή ήρθε λίγο καιρό αφότου οι Κρικ και Γουότσον παρακολούθησαν ένα σεμινάριο στο οποίο φαίνεται ότι παρανόησαν την έρευνα της Φράνκλιν, που την παρουσίασε η ίδια. Έσπευσαν στο Κέμπριτζ, κατασκεύασαν ένα μοντέλο και προσκάλεσαν το ζεύγος από το Λονδίνο να το δει, αλλά τελικά η Φράνκλιν απέρριψε τις ιδέες τους. Λίγο καιρό μετά, με τη βοήθεια του Γουίλκινς, ο Γουότσον είδε μια ακτινογραφική κρυσταλλογραφία εκπληκτικής καθαρότητας που είχε κατασκευάσει η Φράνκλιν. Μόλις την είδε, ήταν σίγουρος ότι ήξερε πώς θα έπρεπε να την ερμηνεύσει.

Επιστρέφοντας στο Κέμπριτζ ο Γουότσον και ο Κρικ πήραν άδεια να χρησιμοποιήσουν τον μηχανολογικό εξοπλισμό του εργαστηρίου για να κατασκευάσουν ένα μεγάλης κλίμακας μοντέλο του μορίου. Ύστερα από έναν καταιγιισμό λαμπρών ιδεών και πειραματισμών, που κράτησε πέντε εβδομάδες, το μοντέλο ήταν έτοιμο για παρουσίαση. Είχε τη μορφή διπλής έλικας, μιας μακριάς σκάλας στην οποία οι ανελίζεις ήταν αμέτρητες σειρές από ζεύγη βάσεων: TA, CG, AT, TA, GC και ούτω καθεξής.

Η ΔΙΠΛΗ ΕΛΙΚΑ



Εικόνα 22. Η δομή του DNA

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του μορίου του DNA είναι:

α) μια «ελικοειδής κλίμακα» με «κουπαστές» από σάκχαρο και φωσφορικά άλατα που σχηματίζουν μια «διπλή έλικα»·

β) μια μακροσκελής αλληλουχία «σκαλοπατιών» που είναι φτιαγμένη από αλληλένδετα ζεύγη βάσεων είτε από αδενίνη (A) και θυμίνη (T) είτε από γουανίνη (G) και κυτοσίνη (C).

Σημειώσεις: 1. Το «γονίδιο» είναι ένα τμήμα από DNA, που συνήθως έχει μήκος πολλές χιλιάδες βάσεις.

2. Η αλληλουχία των βάσεων στα γονίδια κωδικοποιεί τις πληροφορίες που απαιτούνται για την κατασκευή των πρωτεϊνών οι οποίες καθορίζουν την ανατομία και τη φυσιολογία του ζωντανού πλάσματος.

3. Τα γονίδια βρίσκονται στα χρωμοσώματα, που είναι μακροσκελείς λωρίδες από ανάμεικτο DNA και πρωτεΐνη.

4. Στη σεξουαλική αναπαραγωγή η αλληλουχία των γονιδίων στο γονιμοποιημένο ωάριο διαφέρει από των γονέων και κάνει κάθε απόγονο μοναδικό.

5. Στα γνήσια δίδυμα η αλληλουχία των γονιδίων διαφέρει από εκείνη και των δύο γονέων, αλλά είναι ίδια σε κάθε απόγονο επειδή είναι αποτέλεσμα του χωρισμού ενός γονιμοποιημένου ωαρίου.

6. Καθώς αναπτύσσεται το έμβρυο, τα κύτταρα πολλαπλασιάζονται και τα ζεύγη βάσεων ανοίγουν στα δύο, σαν φερμουάρ· κάθε ήμισυ έχει τη δυνατότητα να «μεγαλώσει» ένα νέο εταίρο στο νέο του σπίτι, διασφαλίζοντας ότι οι «πληροφορίες» σε κάθε κύτταρο θα είναι ίδιες.

Στις 7 Μαρτίου 1953 έδειξαν το μοντέλο τους στους συναδέλφους τους. Στις 25 Απριλίου, ένα σύντομο και απλά διατυπωμένο άρθρο που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό *Nature* υπό τον τίτλο «Η μοριακή δομή των νουκλεϊκών οξέων» ενημέρωνε τον κόσμο για μια από τις σημαντικότερες τομές στην ιστορία της επιστήμης. Το θέμα αυτό επισκιάστηκε κάπως από την πρώτη στην Ιστορία κατάκτηση της κορυφής του Έβερεστ, που έγινε έξι εβδομάδες αργότερα. Όμως η σπουδαιότητά του σύντομα έγινε αντιληπτή και προκάλεσε έναν καταιγισμό ερευνών και ανακαλύψεων στη γενετική, που συνεχίζεται ακόμα και σήμερα.

Το 1962 ο Κρικ, ο Γουότσον και ο Γουίλκινς μοιράστηκαν το βραβείο Νομπέλ Ιατρικής. Το όνομα της Ρόζαλιντ Φράνκλιν δεν αναφέρθηκε. Είχε πεθάνει το 1958 από καρκίνο σε ηλικία 37 ετών, θύμα κι αυτή –σαν τη Μαρία Κιουρί– της ραδιενέργειας στην οποία εκτίθετο επανειλημμένα. Τα βραβεία Νομπέλ δεν απονέμονται μετά θάνατον.

«ΜΠΠΓΚ ΜΠΑΝΓΚ» Ή «ΣΤΑΘΕΡΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»; Οι επείγουσες ανάγκες που προέκυψαν στον πόλεμο και οδήγησαν στην ανάπτυξη της ατομικής βόμβας απέφεραν μια νέα κατανόηση των διαδικασιών που συμβαίνουν στην καρδιά του ατόμου. Μόλις η ανθρωπότητα επανήλθε στους κανονικούς ρυθμούς της ειρηνικής περιόδου, οι φυσικοί έστρεψαν την προσοχή τους στα προβλήματα στο άλλο άκρο της κλίμακας: στη δομή και στις καταβολές του σύμπαντος.

Η υπόθεση που διατύπωσε στη δεκαετία του 1920 ο Λεμέτρ –ότι το σύμπαν προέρχεται από την έκρηξη ενός «κοσμικού αυγού»– είχε γίνει τώρα ευρύτερα γνωστή και είχε πολλούς υποστηρικτές. Όμως, σε αντίθεση με το παραδεδομένο

γεγονός ενός επεκτεινόμενου σύμπαντος, συνέχιζε να μη στηρίζεται σε αποδεικτικά στοιχεία. Στα τέλη της δεκαετίας του 1940 βρέθηκε ένας νέος ένθερμος υποστηρικτής της άποψης αυτής, στο πρόσωπο του Αμερικανού φυσικού Τζορτζ Γκέιμαου. Ο Γκέιμαου, εγγονός ενός στρατηγού του τσάρου, γεννήθηκε στην Οδησό της Ουκρανίας το 1904. Πήρε το διδακτορικό του δίπλωμα από το πανεπιστήμιο του Λένινγκραντ και αργότερα κατέλαβε διάφορες θέσεις σε πανεπιστήμια της δυτικής Ευρώπης. Το 1934 μετέβη στις ΗΠΑ και εγκαταστάθηκε μόνιμα εκεί. Διετέλεσε καθηγητής στο πανεπιστήμιο Τζορτζ Ουάσινγκτον μέχρι το 1956, οπότε και εντάχθηκε στο δυναμικό του πανεπιστημίου του Κολοράντο.

Ενώ ήταν μέλος του διδακτικού προσωπικού στο πανεπιστήμιο Τζορτζ Ουάσινγκτον, ο Γκέιμαου ενεργούσε ως σύμβουλος του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Φυσικής στο πανεπιστήμιο Τζονς Χόπκινς· εκεί γνωρίστηκε με ένα φοιτητή του διδακτορικού τμήματος που τον έλεγαν Ραλφ Άλφερ. Το 1948 ο Γκέιμαου και ο Άλφερ δημοσίευσαν ένα άρθρο τους στο περιοδικό *Physical Review* στο οποίο πραγματεύονταν τις συνθήκες που θα μπορούσαν να επικρατούν στην καρδιά ενός πολύ συμπυκνωμένου «υπερατόμου» της μορφής που είχε υποθέσει ο Λεμέτρ και το οποίο θα μπορούσε να είχε εκραγεί για να δημιουργήσει ένα επεκτεινόμενο σύμπαν. Το άρθρο σηματοδότησε την επίσημη παρουσίαση αυτού που σήμερα γνωρίζουμε ως μοντέλο του «μπιγκ μπανγκ» («big bang») – ή της «μεγάλης έκρηξης» – για την προέλευση του σύμπαντος.

Αντίθετη στους Γκέιμαου και Άλφερ ήταν μια ομάδα στο πανεπιστήμιο του Κέμπριτζ στην Αγγλία· σε αυτήν ανήκε ένας εξίσου προικισμένος αστροφυσικός και καλός στην

απλουστευμένη παρουσίαση επιστημονικών θεμάτων, ο Φρεντ Χόιλ. Τη χρονιά που ο Γκέιμαου και ο Άλφερ δημοσίευσαν το άρθρο τους, ο Χόιλ και οι θεωρητικοί του –ο Χέρμαν Μπόντι και ο Τόμας Γκολντ– ανέπτυξαν μια ανταγωνιστική ερμηνεία, την οποία ονόμασαν «υπόθεση σταθερής κατάστασης». Υποστήριξαν ότι η επέκταση συνέβαινε επειδή δημιουργούνταν συνεχώς νέα ύλη στο χώρο ανάμεσα στους γαλαξίες και έτσι εκείνοι απομακρύνονταν. Σε αυτό το μοντέλο το σύμπαν δε θα είχε καμία αρχή. Θα παρουσίαζε την ίδια γενική δομή σε όλη του την έκταση, και θα είχε ανέκαθεν τη σημερινή του μορφή. Ο Χόιλ ήταν εκείνος που καθιέρωσε τον όρο «μεγάλη έκρηξη». Τον είχε εκφράσει απαξιωτικά, ωστόσο ο όρος επικράτησε και οι υποστηρικτές του το θεωρούσαν σύμβολο τιμής. Παρ' όλα αυτά και οι δύο αντίπαλες ερμηνείες βρίσκονταν ακόμα στο στάδιο της απλής υπόθεσης.

Σε ένα άλλο άρθρο του 1948 ο Άλφερ κι ένας συνάδελφός του, ο Ρόμπερτ Χέρμαν, είχαν προβλέψει ότι αν το σύμπαν προερχόταν από μια «μεγάλη έκρηξη» θα υπήρχε μια υποτονική, πολύ ψυχρή ακτινοβολία υποβάθρου που θα αιωρούνταν στο βάθος σαν ηχώ. Το 1965 δύο άνθρωποι που εργάζονταν στα Εργαστήρια Μπελ στο Χόλμντελ του Νιού Τζέρσι –ο Άρνο Πένζιας και ο Ρόμπερτ Γουίλσον– συμπτωματικά ανακάλυψαν την ακτινοβολία των μικροκυμάτων, η οποία είχε ακριβώς τη θερμοκρασία και την ισχύ που θα ανέμενε κάποιος ότι θα υπήρχε αν είχε συμβεί μια μεγάλη έκρηξη. Όλα έδειχναν ότι προερχόταν από κάθε γωνιά του Διαστήματος. Ήταν μια ανακάλυψη για την οποία πήραν το βραβείο Νομπέλ και η οποία σηματοδότησε το τέλος της υπόθεσης περί σταθερής κατάστασης. Καθώς κατασκευάστηκαν νέα τηλεσκόπια και οι αστρονόμοι ήταν σε θέση να δουν σε με-

γαλύτερη απόσταση –και πίσω στο χρόνο– μπορούσαν να διακρίνουν ένα όλο και πιο συνωστισμένο σύμπαν και όλο και πιο νέους γαλαξίες.

Στα σαράντα χρόνια που πέρασαν από τότε που ο Πένζιας και ο Γουίλσον ανακάλυψαν την ακτινοβολία υποβάθρου, η θεωρία της «μεγάλης έκρηξης» έγινε η αποδεκτή ερμηνεία για την προέλευση του σύμπαντος. Το μυστήριο παραμένει, όπως και παλαιότερα. Όμως η συζήτηση έχει στραφεί προς νέα επίπεδα – τι συνέβη πριν από τη μεγάλη έκρηξη και αν το «πριν από αυτό» μπορεί να έχει κάποιο νόημα. Μια ιδέα που έχει καλλιεργηθεί ορίζει πως η ιστορία του σύμπαντος μπορεί να είναι μια ιστορία αλληπάλληλων επεκτάσεων και συρρικνώσεων παρά μιας μεμονωμένης επέκτασης από μία και μοναδική μεγάλη έκρηξη.

ΠΟΣΟΙ ΑΣΤΕΡΕΣ ΥΠΑΡΧΟΥΝ; Μία απάντηση που η επιστήμη έχει αναγκαστεί να αναθεωρεί συνεχώς είναι η απάντηση στην ερώτηση: «Πόσοι αστέρες υπάρχουν στον ουρανό;» Αν κάποιος εννοεί τους αστέρες που είναι ορατοί δια γυμνού οφθαλμού, τότε η απάντηση είναι αυτή που ήταν πάντα: 6.000 αστέρες. Καθώς όμως η ισχύς των τηλεσκοπίων έχει αυξηθεί, αυξήθηκε και ο αριθμός των γνωστών αστερων. Στο Γαλαξία μας υπάρχουν 400 δισεκατομμύρια αστέρες – και υπόψη ότι ο Γαλαξίας μας είναι μεσαίου μεγέθους. Κι απ' ό,τι γνωρίζουμε υπάρχουν γύρω στα 100 εκατομμύρια άλλοι γαλαξίες. Συνεπώς, αν θέλετε έναν πιο συγκεκριμένο αριθμό, μπορεί να σας καλύψει η απάντηση των 40 εκατομμυρίων εκατομμυρίων εκατομμυρίων. Το πολύ πολύ να πέσετε έξω κατά ένα ή δυο αστέρια!

ΤΟ ΠΡΟΣΔΟΚΙΜΟ ΖΩΗΣ Αν θέλετε να ζήσετε πολλά χρόνια, είναι καλύτερα να είστε μεγαλόσωμος. Τουλάχιστον αυτό συνάγεται από τη σύγκριση των ειδών. Από τη μύγα στο ένα άκρο της κλίμακας μέχρι το πεύκο στο άλλο, υπάρχει διαπιστωμένη συσχέτιση ανάμεσα στο μέγεθος και τη μακροβιότητα.

Οι παρακάτω μέσοι όροι αφορούν το προσδόκιμο ζωής, στην άγρια φύση, για μερικά είδη σπονδυλωτών – των ζώων, δηλαδή, που διαθέτουν σπονδυλική στήλη. Τα ζώα που ζουν σε προστατευμένο περιβάλλον ενδεχομένως να ζουν περισσότερα χρόνια.

	Έτη
Θηλαστικά:	
Αρουραίος	1
Γκρίζος σκίουρος	5
Λύκος	10
Ασιατικός ελέφαντας	40
Ερπετά:	
Κροταλίας	10
Κροκόδειλος Νείλου	40
Ψάρια:	
Πέστροφα	3
Οξύρρυγχος	30
Πτηνά:	
Σπίνος	2
Χρυσαιτός	20

Η ζωή μπορεί να κρατήσει ακόμα περισσότερο από τους παραπάνω υπολογισμούς. Ένας ασιατικός ελέφαντας μπορεί να ζήσει μέχρι 80 χρόνια. Ένας θηλυκός οξύρρυγχος θα

θεωρούσε ότι βρίσκεται σε πολύ καλή κατάσταση στα 100 του χρόνια. Καλός κανόνας είναι επίσης να μη βιάζεσαι. Οι γιγάντιες θαλάσσιες χελώνες στα νησιά Γκαλαπάγκος εξακολουθούν να πορεύονται γερά –αν αυτός είναι ο πιο εύστοχος όρος– και στην ηλικία των 120 ετών.

Αν πάλι μένετε ακίνητος, σίγουρα θα ζήσετε ακόμα περισσότερο. Υπάρχει ένα είδος πεύκου στη Νεβάδα που ήταν ήδη 2.000 ετών την εποχή που ο βασιλιάς Ναβουχοδονόσορ ήταν απλώς μια σκέψη στο μυαλό της μητέρας του.

ΤΑ ΚΟΙΝΑ ΜΑΣ ΓΟΝΙΔΙΑ Ένας όρος που κυριάρχησε στις συζητήσεις του εικοστού αιώνα σχετικά με τις ανθρώπινες καταβολές και συνεχίζει κατά καιρούς να εμφανίζεται είναι «ο αδύναμος κρίκος». Θα ήταν δύσκολο να σκεφτούμε κάποια άλλη σύντομη φράση που να προκάλεσε τόσο μεγάλες παρανοήσεις. Ο αδύναμος κρίκος ήταν μια ενδιάμεση φάση ανάμεσα στους πιθήκους και τους ανθρώπους, η οποία θεωρητικά θα αποδείκνυε την άποψη της καταγωγής –ή εξέλιξης– του ανθρώπου από τον πίθηκο και χωρίς την οποία η θεωρία του Δαρβίνου για την εξέλιξη μέσω φυσικής επιλογής θα παρέμενε απλώς μια εικασία.

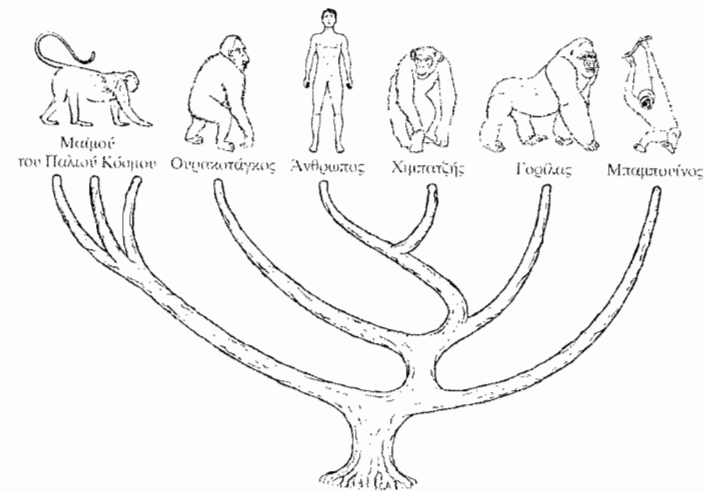
Το μόνο λάθος που υπάρχει σε αυτή τη σκέψη ήταν ότι ούτε ο Δαρβίνος ούτε κανένας άλλος βιολόγος είχε υπαινιχθεί ποτέ πως τα ανθρώπινα όντα είχαν όντως εξελιχθεί από τους πιθήκους, όπως εξάλλου κανένας δεν ισχυρίστηκε ότι τα γαλλικά προέκυψαν από τα ισπανικά. Αυτό που είπε ο Δαρβίνος, και αυτό που επιβεβαιώνουν τα γενετικά αποδεικτικά στοιχεία, ήταν ότι οι πίθηκοι και οι άνθρωποι έχουν κοινή καταγωγή, όπως και η γαλλική και η ισπανική γλώσσα.

Η εγγύτητα της οικογενειακής σχέσης αποκαλύπτεται

από συγκρίσεις της γενετικής συγκρότησης των εμπλεκόμενων ειδών. Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι οι χιμπατζήδες έχουν κοινό το 98,4% των γονιδίων τους. Το ποσοστό αυτό για τους γορίλλες ανέρχεται σε 97,7%. Αν ο άνθρωπος είναι κατά το 98% χιμπατζής, είναι εξίσου αληθές να πούμε ότι οι χιμπατζήδες είναι κατά το 98% άνθρωποι.

Η ιδέα του «αδύναμου κρίκου» ανάμεσα στους πιθήκους και τους ανθρώπους ανακύπτει μόνο αν κάποιος δει την εξέλιξη ως μία κλίμακα που οδηγεί από τις «κατώτερες» στις «ανώτερες» μορφές ζωής. Η θεωρία του Δαρβίνου δεν αναγνωρίζει ότι τα είδη είναι ανώτερα ή κατώτερα. Απλώς είναι διαφορετικά. Ο Δαρβίνος είδε την εξέλιξη ως ένα δέντρο με κλαδιά, με τους πιθήκους και τους ανθρώπους να παρομοιάζονται με κλαδάκια του ίδιου κλωναριού.

Η σύγκριση της κοινής γενετικής κληρονομιάς ανάμεσα στα σημερινά είδη οδηγεί στην παρακάτω εικόνα αυτής της διαδικασίας της επαναλαμβανόμενης απόκλισης:



Εικόνα 23. Το αρχέγονο οικογενειακό δέντρο

Οι διαδοχικές διαφοροποιήσεις της μαϊμούς, του πιθήκου και του ανθρώπου από την κοινή καταγωγή.

Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΟΕΙΔΩΝ Σήμερα όλοι αποδέχονται ότι ο διαχωρισμός ανάμεσα στη γραμμή που οδηγούσε στον σύγχρονο άνθρωπο και στη γραμμή που οδηγούσε στο χιμπατζή σημειώθηκε στην Αφρική πριν από 6 ή 7 εκατομμύρια χρόνια, όταν χωρίστηκαν οι δύο ομάδες ενός είδους προγόνων και αναπτύχθηκαν σύμφωνα με άλλα κριτήρια. Όμως λόγω του μικρού αριθμού των απολιθωμάτων που έχουν βρεθεί, κανείς δεν μπορεί να πει ποια ήταν η μετέπειτα πορεία της ανθρώπινης εξέλιξης και ποιο από τα δέκα περίπου είδη του *homo* που έχουν μέχρι στιγμής ανακαλυφθεί αντιπροσωπεύει φάσεις στην ανθρώπινη εξέλιξη.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει μερικά από τα πλέον γνωστά απολιθωμένα είδη και τον χρονικό τους συσχετισμό, αλλά δεν υποδηλώνει κανένα άλλο είδος σχέσης. Οι χρονολογίες είναι απλώς κατά προσέγγιση. Είμαστε σίγουροι ότι στα επόμενα τριάντα περίπου χρόνια η εικόνα που θα έχουμε για την ανθρώπινη εξέλιξη θα γίνει πιο σαφής, καθώς θα έρθουν στην επιφάνεια περισσότερα απολιθώματα και θα επεκταθούν οι μελέτες για το DNA του παρελθόντος και του σήμερα. Όμως δεν είναι καθόλου σίγουρο ότι θα μπορέσουμε να βρούμε την καταγωγή της ανθρωπότητας.

Είδος	Πρώτη εμφάνιση (έτη πριν από σήμερα)
<i>Australopithecus afarensis</i>	4.000.000
<i>Homo habilis</i>	2.500.000
<i>Homo erectus</i>	1.600.000
<i>Homo neanderthalensis</i>	200.000
<i>Homo sapiens</i> (σύγχρονος άνθρωπος)	120.000

Ο *Australopithecus afarensis* –«νότιος πιθηκάνθρωπος από το Αφάρ» της Αιθιοπίας– ήταν ένα πιθηκοειδές ζώο που βάδιζε στα δύο πόδια και ζούσε στην ανατολική Αφρική.

Ο *Homo habilis* (ο «επιδέξιος άνθρωπος»), η πρωιμότερη μορφή ανθρωποειδούς, ήταν ένα είδος που ζούσε στη νοτιοανατολική Αφρική, είχε την ικανότητα να κατασκευάζει εργαλεία και πιθανότατα είχε αναπτύξει την ομιλία. Ένα παρόμοιο είδος είναι ο *Homo ergaster*.

Τα παλαιότερα ευρήματα του *Homo erectus* (του «όρθιου ανθρώπου») βρέθηκαν στην Αφρική, αλλά απολιθώματα ηλικίας το πολύ 200.000 χρόνων εντοπίστηκαν στην Ιάβα, στην Κίνα και στον Καύκασο. Ο *Homo erectus* ήξερε να χρησιμοποιεί τη φωτιά και κατασκεύαζε περίτεχνα εργαλεία, ενώ ο εγκέφαλός του προσέγγιζε αυτόν του σύγχρονου ανθρώπου. Πιθανότατα να είχε αναπτύξει σε ικανοποιητικό βαθμό την ομιλία.

Ο *Homo neanderthalensis* (ο «άνθρωπος της κοιλάδας του Νεάντερ») ήταν ένα εύρωστης κατατομής είδος που ζούσε στην κεντρική Ασία, τη Μέση Ανατολή και την Ευρώπη την ίδια εποχή με τον *Homo sapiens* – και διέθετε μεγαλύτερο εγκέφαλο. Δεν υπάρχουν στοιχεία που να δείχνουν ότι έγινε διασταύρωση ανάμεσα σε αυτά τα δύο είδη. Ο άνθρωπος του Νεάντερνταλ εξαφανίστηκε πριν από 30.000 χρόνια περίπου. Δε γνωρίζουμε αν αυτό είχε κάποια σχέση με τον *Homo sapiens*.

Ο *Homo sapiens* (ο «έμφρων άνθρωπος») είναι το είδος μας και περιλαμβάνει όλους τους ανθρώπους που ζουν σήμερα. Υπάρχει ελάχιστη γενετική παραλλαγή στο είδος αυτό σε όλη την κατανομή του, ενώ έχει παραμείνει ουσιαστικά αμετάβλητο κατά τα τελευταία 100.000 χρόνια.

Η ΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ Ο χρονολογικός πίνακας του προηγούμενου κεφαλαίου βασίζεται στη βιολογία και πραγματεύεται τη διαδοχή στα είδη των ανθρωποειδών. Οι αρχαιολόγοι χρησιμοποιούν μια δική τους χρονική κλίμακα που φτάνει μέχρι 2,5 εκατομμύρια χρόνια πριν. Αυτή η κλίμακα αφορά μια σειρά από πολιτισμούς, οι οποίοι ορίζονται κυρίως με βάση τα εργαλεία, τα όπλα και τα σκεύη κτλ. που κατασκευάζονταν.

Ο ολδόβιος πολιτισμός (2,5-1,5 εκατομμύρια χρόνια πριν). Ανατολική Αφρική. Ο παλαιότερος γνωστός πολιτισμός με κατασκευη εργαλείων.

Ο αχελαιός πολιτισμός (1,5 εκατομμύρια έως 200.000 χρόνια πριν). Αφρική, Εγγύς Ανατολή και Ευρώπη. Ένας πολιτισμός πριν από την εμφάνιση του ανθρώπου που χαρακτηρίζεται από το χειροπέλεκυ και άλλα αδρά κατεργασμένα εργαλεία από πυριτόλιθο, χαλαζίτη κτλ. Μεταξύ άλλων σχετίζεται με τον *Homo erectus* και τον *Homo ergaster*.

Ο μουστέριος πολιτισμός (200.000 έως 35.000 χρόνια πριν). Αφρική, Εγγύς Ανατολή και Ευρώπη. Πιο εξελιγμένα είδη χειροπέλεκυ και αδρά κατεργασμένων εργαλείων προκαθορισμένου σχήματος που φτιάχνονταν με την τεχνική της σμίλευσης ενός λίθινου πυρήνα. Σχετίζεται κυρίως με τον *Homo neanderthalensis*, αλλά και με τους πρώτους εκπροσώπους του *Homo sapiens*.

Ο πολιτισμός της Ανώτερης Παλαιολιθικής Εποχής (40.000 έως 12.000 χρόνια πριν). Αφρική, Ασία και Ευρώπη. Πολύ πιο εξελιγμένα όπλα και εργαλεία. Βραχογραφίες, κοσμήματα και αντικείμενα καλλωπισμού.

Ο πολιτισμός της Νεολιθικής Εποχής (12.000 έως 6.000 χρόνια πριν). Σχεδόν παντού. Πολύ εξελιγμένα λίθινα ερ-

γαλεία, κεραμικά και υφαντά. Με τη λήξη της τελευταίας εποχής των παγετώνων η Γεωργική Επανάσταση στη Μέση Ανατολή και στη νότια και ανατολική Ασία έδωσε το έναυσμα για ένα νέο τρόπο ζωής. Σε άλλες περιοχές, όμως, οι περισσότεροι πολιτισμοί βασίζονταν σε πληθυσμούς κυνηγών και τροφοσυλλεκτών.

ΓΟΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΓΟΝΙΔΙΩΜΑΤΑ Τα γονίδια είναι ομάδες πληροφοριών οι οποίες βρίσκονται στα χρωμοσώματα που υπάρχουν στα κύτταρα κάθε φυτού και ζώου. Είναι το «λογισμικό» που υπαγορεύει τις ζωτικές διαδικασίες του έμβιου όντος. Στο έμβρυο και στο μη ώριμο φυτό ή ζώο, παρέχουν τις οδηγίες που διέπουν την ανάπτυξη των χαρακτηριστικών τα οποία θα εκδηλώσει η ενήλικη μορφή. Κάθε κύτταρο περιέχει το ίδιο πλήθος γονιδίων, που είναι διατεταγμένα κατά μήκος των χρωμοσωμάτων. Στα όντα που αναπαράγονται σεξουαλικά, κάθε κύτταρο πέραν των κυττάρων του φύλου περιέχει δύο αντίτυπα από κάθε χρωμόσωμα. Τα κύτταρα φύλου περιέχουν ένα μόνο αντίτυπο.

Το γονιδίωμα είναι το όνομα που δίνεται σε ολόκληρη την αλληλουχία των γονιδίων (και τα ζεύγη βάσης που αποτελούν τα γονίδια) σε ένα συγκεκριμένο είδος. Μερικά είδη έχουν αρκετά βραχύ γονιδίωμα που περιέχει μικρό αριθμό γονιδίων. Το πρώτο γονιδίωμα που εντοπίστηκε το 1977 ήταν κάποιου ιού και περιείχε μόλις 5.386 γράμματα (ζεύγη βάσης) του γενετικού κώδικα. Το ανθρώπινο γονιδίωμα, το οποίο εντοπίστηκε το 2001, περιέχει 22 χρωμοσώματα συν ένα χρωμόσωμα που προσδιορίζει το φύλο, κάνοντάς τα συνολικά 23. Τα χρωμοσώματα αυτά διαθέτουν 30.000 γονίδια, τα οποία με τη σειρά τους περιέχουν 3.000 εκατομμύρια

ΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΓΟΝΙΔΙΩΜΑ

Χρωμόσωμα	Αριθμός γονιδίων (στρογγυλοποιημένος)	Πλήθος ζευγών βάσης (σε εκατ., στρογγυλοπ.)
1	3.000	280
2	2.300	250
3	2.000	220
4	1.300	200
5	1.600	200
6	2.000	180
7	1.400	160
8	1.100	150
9	1.300	140
10	1.400	140
11	2.100	150
12	1.700	140
13	700	120
14	1.100	110
15	1.100	100
16	1.100	100
17	1.600	90
18	800	90
19	1.500	70
20	900	70
21	300	50
22	300	50
	30.600	3.060

Συν το χρωμόσωμα 23: είτε ένα χρωμόσωμα X (1.200 γονίδια) είτε ένα χρωμόσωμα Y (200 γονίδια). Στα θηλυκά το χρωμόσωμα 23 είναι πάντα ένα X. Στα αρσενικά μπορεί να είναι ένα X ή ένα Y. Το φύλο του απογόνου εξαρτάται από το αν θα λάβει ένα X ή ένα Y από τον πατέρα. Αν λάβει ένα X και από τους δύο γονείς, είναι θηλυκό. Αν λάβει ένα X από τη μητέρα και ένα Y από τον πατέρα, είναι αρσενικό.

γράμματα γενετικού κώδικα. Ακόμα και σε αυτή την περίπτωση τα γονίδια αποτελούν μόλις το 5% του συνολικού DNA που υπάρχει σε ένα ανθρώπινο κύτταρο. Τα υπόλοιπα –προς το παρόν– έχουν χαρακτηριστεί «άχρηστο DNA» επειδή κανείς δε γνωρίζει αν εξυπηρετούν κάποιο σκοπό. Είναι πολύ πιθανό η έρευνα στο μέλλον να αποκαλύψει ότι αυτό είναι κάθε άλλο παρά «άχρηστο».

Το «ανθρώπινο γονιδίωμα» που εντοπίστηκε το 2001 δεν ήταν το γονιδίωμα ενός πραγματικού ανθρώπινου όντος. Ήταν ενός ανώνυμου «μέσου ανθρώπου». Το Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος που το παρήγαγε μπόρεσε να υλοποιήσει το έργο επειδή οι επιστήμονες είχαν πρόσβαση σε μηχανήματα που μπορούσαν να τεμαχίσουν το DNA σε μικρά κομμάτια για να διανεμηθούν σε μεγάλο αριθμό ερευνητών και σε πανίσχυρους υπολογιστές που θα μπορούσαν να επεξεργαστούν τα πολλά αριθμητικά στοιχεία.

ΕΝΑ ΜΙΚΡΟ ΑΝΘΡΩΠΟΕΙΔΕΣ Χωρίς αμφιβολία αναστατώνεσαι όταν ανακαλύπτεις συγγενείς που δεν ήξερες ότι είχες. Το 2004 μια ομάδα Αυστραλών παλαιοντολόγων ανακάλυψε στη νήσο Φλόρες της Ινδονησίας κατάλοιπα από έναν οργανισμό που τον κατέταξαν σε κάποια έως τότε μη καταγεγραμμένη ποικιλία ανθρωποειδούς. Στην προκειμένη περίπτωση ο όρος «ανθρωποειδής» ταίριαζε καλύτερα από τον όρο «άνθρωπος» δεδομένου ότι, κατά τη γνώμη των επιστημόνων που έκαναν την ανακάλυψη, το συγκεκριμένο πλάσμα δεν έδειχνε να είναι από καμία άποψη ένας σύγχρονος άνθρωπος.

Τα ευρήματα, που μεταξύ άλλων περιελάμβαναν ένα ακέραιο κρανίο, βρέθηκαν έξι μέτρα κάτω από το δάπεδο μιας σπηλιάς, της Λιανγκ Μπούα, στο κέντρο της νήσου Φλόρες.

Φάνηκε ότι ανήκαν σε ένα πλάσμα ύψους 1 μέτρου, που πιο πολύ έμοιαζε με άνθρωπο παρά με πίθηκο και στο οποίο οι επιστήμονες που το ανακάλυψαν έδωσαν το όνομα *Homo floresiensis*. Με τη βοήθεια του άνθρακα 14 υπολόγισαν την ηλικία του σε 18.000 έτη. Τμηματικά ευρήματα από άλλα στρώματα που ανήκαν σε άλλα έξι άτομα χρονολογήθηκαν στα 70.000 έτη, ενώ τα πιο πρόσφατα έφταναν στα 12.000 χρόνια πριν.

Η χωρητικότητα του πλήρους κρανίου έδειχνε ότι ο εγκέφαλος ήταν 400 περίπου χιλιοστόλιτρα, δηλαδή ήταν μεγαλύτερος από εκείνον του μέσου χιμπατζή, αλλά πολύ μικρότερος από τα 1.300 χιλιοστόλιτρα που είναι ο μέσος όρος των σύγχρονων ανθρώπων. Όμως λόγω του ότι υπήρχε ένα μόνο πλήρες κρανίο, ότι το μέγεθος εγκεφάλου στα θηλαστικά σχετίζεται με το μέγεθος του σώματος και ότι υπάρχει ελάχιστη συσχέτιση ανάμεσα στο μέγεθος του εγκεφάλου και την ευφυΐα στους σύγχρονους ανθρώπους, αυτό το συγκεκριμένο δείγμα δεν έδινε καμία πληροφορία για τις ικανότητες των νέων αυτών «μελών» της ανθρώπινης οικογένειας. Τα λίθινα εργαλεία, τα οστά ζώων και τα ίχνη φωτιάς που βρέθηκαν σε μικρή απόσταση φάνηκε ότι σχετίζονταν με τα λείψανα.

Η εύρεση ενός πυγμαίου δεν αποτελούσε ιδιαίτερη έκπληξη. Στην Αφρική ζουν σήμερα ανθρώπινα όντα με μικρό ανάστημα, ενώ είναι ένα αναγνωρισμένο χαρακτηριστικό της εξέλιξης στους απομονωμένους πληθυσμούς να εμφανίζονται τόσο γιγαντιαία όσο και νανώδη είδη μέσα σε μια πολύ σύντομη χρονική περίοδο – εξετάζοντάς το πάντα με τα δεδομένα της γεωλογίας. Η νήσος Φλόρες ήταν βιολογικά απομονωμένη για τουλάχιστον ένα εκατομμύριο χρόνια στην προϊστορική εποχή, ενώ είναι γνωστό ότι εκεί εξελίχθηκαν γιγαντιαίοι αρουραίοι και πυγμαίοι ελέφαντες. Κι

όμως εξακολουθούσε να προκαλεί έκπληξη η εφαρμογή της αρχής αυτής στην εξέλιξη κάποιου όντος που φάνηκε ότι είναι στενός συγγενής του *Homo sapiens*. Αυτό που προκάλεσε ακόμα μεγαλύτερη έκπληξη ήταν το γεγονός ότι τα ευρήματα ήταν σχετικά πρόσφατα.

Η πιο πρόσφατη χρονολογία που συνδέεται με ένα οποιοδήποτε είδος ανθρωποειδούς σχετίζεται με τον άνθρωπο του Νεάντερταλ, τον *Homo neanderthalensis*, ένα είδος που φαίνεται ότι εξαφανίστηκε πριν από 30.000 χρόνια. Η ανακάλυψη ενός άλλου στενού συγγενούς ο οποίος προφανώς έτρωγε το κρέας του ψημένο πριν από 12.000 χρόνια γέννησε το ερώτημα για το πότε εξαφανίστηκε αυτό το είδος, αν όντως αποτελούσε είδος. Αυτοί που το ανακάλυψαν δε δίστασαν να επισημάνουν το ενδεχόμενο ότι μπορεί και να μη συνέβη κάτι τέτοιο. Όπως αποδεικνύεται, η νήσος Φλόρες ερημώθηκε από μια τεράστια ηφαιστειακή έκρηξη πριν από 12.000 χρόνια και τότε ίσως οι μικροσκοπικοί αυτοί κάτοικοι της νήσου Φλόρες να απόλαυσαν για τελευταία φορά ψητό κρέας. Εντούτοις, σε κάθε γωνιά της Γης υπάρχουν ιστορίες για «μικρόσωμους ανθρώπους» και έτσι ακόμα και οι ανθρωπόλογοι επιτρέπεται να ονειρεύονται. Παρ' όλα αυτά, ορισμένοι ειδικοί δεν έχουν πεισθεί πως τα ευρήματα αυτά αντιπροσωπεύουν κάτι περισσότερο από ένα σύγχρονο πυγμαίο άνθρωπο που ανήκε σε ένα είδος ήδη γνωστό στο νησί.

Σε καμία περίπτωση η συγκεκριμένη ανακάλυψη δε μας έκανε να σχεδιάσουμε εκ νέου το οικογενειακό δέντρο της ανθρωπότητας. Απλώς μας υπενθύμισε πόσο ελλιπείς είναι οι γνώσεις μας γύρω από την εξέλιξη του ανθρώπου και πόσες εκπλήξεις μάς περιμένουν ακόμα.

Ο ΡΥΘΜΟΣ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ Όταν ο Δαρβίνος διατύπωσε τη θεωρία της εξέλιξης μέσω φυσικής επιλογής, ήταν ακόμα επηρεασμένος από το φίλο και μέντορά του, τον Σκοτσέζο γεωλόγο Τσαρλς Λάιελ. Ο Λάιελ ήταν οπαδός μιας έννοιας που λεγόταν *ομοιομορφισμός* – ένας πρόχειρος και πιθανόν όχι τόσο εύστοχος όρος για την άποψη σύμφωνα με την οποία η ιστορία της Γης ήταν ένα θέμα αργής και σταδιακής αλλαγής. Ο Δαρβίνος ασπάστηκε αυτή την ιδέα και την ενέταξε σε κάθε σελίδα της *Καταγωγής των ειδών*. Ο ομοιομορφισμός ήταν μια εύλογη αντίδραση προς την αντίπαλη σχολή του *καταστροφισμού*, που εξηγούσε την ιστορία της Γης στηριζόμενη σε καταστροφικά φαινόμενα όπως ο Κατακλυσμός που αναφέρει η Παλαιά Διαθήκη. Παρ' όλα αυτά ήταν μια ιδεολογία και όχι μια θεωρία, και εμπεριείχε ένα μέρος μόνο της αλήθειας.

Εμείς γνωρίζουμε πολύ περισσότερα από τον Δαρβίνο σχετικά με την ιστορία της ζωής πάνω στη Γη. Χωρίς να παραγνωρίζουμε το επίτευγμά του, μπορούμε να καταλάβουμε ότι η επιμονή του στην άποψη πως η σταδιακή αλλαγή είναι ο αποκλειστικός κινητήριος μοχλός της εξέλιξης ήταν μια εκτροπή. Τον περισσότερο καιρό η εξέλιξη επιτυγχάνεται με μικρά βήματα. Ωστόσο, αρκετά συχνά η διαδικασία επιταχύνεται από ένα συγκλονιστικό γεγονός, όπως η πρόσκρουση του αστεροειδούς που σημειώθηκε στα τέλη της Κρητιδικής περιόδου. Όταν όμως δεν υπάρχουν βίαιες μεταβολές στο περιβάλλον, οι μορφές ζωής μπορεί να παραμείνουν ουσιαστικά αμετάβλητες για εκατομμύρια χρόνια. Ο κουρνιαχτός της μάχης ανάμεσα στις αντίπαλες ιδεολογίες του ομοιομορφισμού και του καταστροφισμού έχει κατακαθίσει και η αλήθεια – όπως θα περίμενε κανείς – μπορούμε να δούμε ότι βρίσκεται κάπου ανάμεσά τους.

ΟΙ ΜΑΖΙΚΕΣ ΕΞΑΦΑΝΙΣΕΙΣ Η εξαφάνιση των δεινοσαύρων στα τέλη της Κρητιδικής περιόδου ήταν απλώς ένα από τα πολλά παρόμοια γεγονότα που συνέβησαν από τότε που πρωτοεμφανίστηκε ζωή πάνω στη Γη. Κάθε φορά εξαφανίζονταν ολόκληρες ομάδες φυτών και ζώων, μερικές από τις οποίες περιελάμβαναν χιλιάδες είδη, και δεν εμφανίζονταν ποτέ ξανά. Και κάθε φορά οι ομάδες που επιβίωναν διαφοροποιούνταν έντονα για να καλύψουν τα κενά που δημιουργήθηκαν. Μερικές από αυτές τις εξαφανίσεις ήταν αναμφίβολα αποτέλεσμα κατακλυσμιαίων γεγονότων όπως η σύγκρουση αστεροειδούς ή τεράστιες ηφαιστειακές εκρήξεις. Μερικά γεγονότα φαίνεται ότι είναι αποτέλεσμα σημαντικών αλλά σταδιακών κλιματολογικών αλλαγών, παρά αποτέλεσμα διαταραχής στον ιστό της Γης. Συνεχώς έρχονται στην επιφάνεια στοιχεία που δείχνουν μακροχρόνιους κύκλους στο κλίμα της Γης, οι οποίοι σχετίζονται με την κίνηση του πλανήτη στο Διάστημα και άλλοτε σηματοδοτούν μεγάλες εποχές παγετώνων ενώ άλλοτε φέρνουν τροπική ζέση στο μεγαλύτερο μέρος της Γης. Καθώς καταλαβαίνουμε καλύτερα αυτού του είδους τα θέματα, φαίνεται πιθανό ότι θα πρέπει να «χρεώσουμε» στις κλιματολογικές αλλαγές σημαντικότερο ρόλο στην εξαφάνιση πολλών άλλοτε ευρύτατα διαδεδομένων ειδών, τα οποία άφησαν τα ίχνη τους με τα απολιθώματά τους.

ΤΟ ΤΑΧΥΔΡΟΜΙΚΟ ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ Ωστόσο, όλες οι εξαφανίσεις δεν οφείλονται σε φυσικές καταστροφές. Πριν από διακόσια χρόνια τα ταχυδρομικά περιστέρια ήταν πιθανότατα τα πιο συνηθισμένα πουλιά στην ανατολική και την κεντρική Βόρεια Αμερική. Μάλιστα συγκεντρώνονταν σε τερά-

στια σμήνη. Κατά τη μετανάστευσή τους μαύριζε κυριολεκτικά ο ουρανός επί αρκετές ώρες. Στις αγορές της Νέας Υόρκης πουλούσαν μία πένα το κάθε κουφάρι τέτοιου περιστεριού. Ο ορνιθολόγος Αλεξάντερ Γουίλσον υπολόγισε ότι σε ένα σμήνος που παρατήρησε υπήρχαν περισσότερα από 2.000 εκατομμύρια πουλιά. Λίγο καιρό μετά τη συμπλήρωση εκατό χρόνων, την 1η Σεπτεμβρίου 1914, το τελευταίο ταχυδρομικό περιστέρι πάνω στη Γη –ένα πουλί στο οποίο είχαν δώσει το όνομα Μάρθα– πέθανε στον ζωολογικό κήπο του Σινσινάτι.

Το είδος αυτό είχε πέσει θύμα του φοβρότερου αρπακτικού σε αυτό τον πλανήτη: του σύγχρονου ανθρώπου. Κανένας δεν έβαλε στόχο του να εξαφανίσει τα ταχυδρομικά περιστέρια. Στις αρχές του δέκατου ένατου αιώνα κανείς δε θα μπορούσε να διανοηθεί ότι ένα τόσο πλούσιο είδος θα μπορούσε να εξαφανιστεί μέσα σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα. Όμως δύο άκρως αποτελεσματικές τεχνολογίες –ο ηλεκτρικός τηλεγράφος και το τυφέκιο– έδωσαν τη δυνατότητα στους κυνηγούς να στήνουν ενέδρα στα σμήνη αυτών των πουλιών καθώς μετανάστευαν. Και απ' ό,τι αποδείχτηκε, το πλήθος τους δε στάθηκε ικανό να τα προστατεύσει.

Η ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ Η ιστορία με τα ταχυδρομικά περιστέρια στέλνει ένα τρομακτικό μήνυμα. Αυτό δεν είναι το πρώτο παράδειγμα του αρνητικού αντίκτυπου που μπορεί να έχει η τεχνολογική πρόοδος στο περιβάλλον και στις μορφές ζωής που το μοιράζονται μαζί μας. Από την εποχή που οι άνθρωποι άρχισαν να καταστρέφουν τα δάση και στη θέση τους να δημιουργούν φυτείες, εξέθεσαν σε κίν-

δυνο ευάλωτα εδάφη και δημιούργησαν ερήμους. Όσο όμως οι αριθμοί τους ήταν μικροί και η τεχνολογία τους περιοριζόταν σε εργαλεία χειρός, η ζημία που έκαναν δεν είχε μεγάλη σημασία για τη συνολική ισορροπία της φύσης. Κατά τον δέκατο ένατο αιώνα, καθώς ο αριθμός των μηχανημάτων αυξήθηκε και τα είδη τους πολλαπλασιάστηκαν, οι ζημιές αυξήθηκαν και η ρύπανση εξαπλώθηκε.

Γύρω στα μέσα του εικοστού αιώνα η επίθεση της ανθρωπότητας στον πλανήτη εισήλθε σε μια νέα φάση. Η ρύπανση και η καταστροφή της ατμόσφαιρας εξαιτίας των αποβλήτων των αεροπορικών μεταφορών, η ρύπανση των θαλασσών από τα βιομηχανικά απόβλητα, η αύξηση της υπεραλιείας και της υπερκαλλιέργειας, η απελευθέρωση στο περιβάλλον χιλιάδων συνθετικών χημικών που ήταν άγνωστα σε όλα τα είδη αύξησαν την πιθανότητα μαζικών εξαφανίσεων μιας τελείως νέας μορφής: της καταστροφής ενός σημαντικού ποσοστού των μορφών ζωής του πλανήτη εξαιτίας των ενεργειών ενός μόνο είδους.

Τα τελευταία χρόνια οι πηγές ζημίας πολλαπλασιάστηκαν και ο ρυθμός της καταστροφής του περιβάλλοντος και των ειδών αυξήθηκε. Έχουμε πλέον πάψει να αναρωτιόμαστε για το αν επίκειται κάποια μεγάλη εξαφάνιση – βρίσκεται ήδη σε εξέλιξη. Τώρα απλώς το ερώτημα είναι πόσο μεγάλη θα είναι η καταστροφή.

ΤΟ ΠΛΗΓΜΑ ΤΗΣ ΚΑΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ Και καθώς πιάσαμε τις δυσάρεστες ιστορίες, ας αναφερθούμε στην περίπτωση του γενετιστή Τροφίμ Λισένκο. Ο Λισένκο γεννήθηκε το 1898 στην Κάρλοβκα της Ουκρανίας. Ήταν απόφοιτος του Γεωργικού Ινστιτούτου του Κιέβου και αποτέλεσε

ένα παράδειγμα επιστήμονα του οποίου η ματαιοδοξία και το πάθος για απόκτηση δύναμης διώχνουν κάθε σκέψη για αναζήτηση αποδεικτικών στοιχείων ή πειραματική απόδειξη. Δεν έχει διευκρινιστεί αν ο ίδιος πίστευε τις ανοησίες που διακήρυσσε. Εκείνο που έχει γίνει σαφές είναι ότι η εκ μέρους του απόρριψη της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου και της γενετικής του Μέντελ γύρισαν πίσω τη μελέτη της βιολογίας στη Ρωσία κατά μία ολόκληρη γενιά.

Ο Λισένκο τράβηξε την προσοχή του Στάλιν στη διάρκεια του Β΄ Παγκόσμιου Πολέμου, όταν η ανάγκη για αύξηση της γεωργικής παραγωγής ήταν πολύ μεγάλη. Το βασικό σκεπτικό του Λισένκο ήταν το εξής: η κληρονομικότητα δεν εντοπίζεται αποκλειστικά και μόνο στο γονίδιο και είναι δυνατό να αλλάξεις τον γενετικό χαρακτήρα φυτών όπως τα εδώδιμα δημητριακά υποβάλλοντάς τα σε ένα τροποποιημένο περιβάλλον. Αυτό υποδήλωνε ότι κάποιος θα μπορούσε να αυξήσει σημαντικά την απόδοση των καλλιεργειών μέσα σε μία γενιά. Έφτασε μάλιστα στο σημείο να υποστηρίξει ότι μπορούσες να σπείρεις βρώμη και να βγάλεις σιτάρι. Όλα αυτά ηχούσαν πολύ ενδιαφέροντα στα αυτιά του Στάλιν, που το 1940 έχρισε τον Λισένκο διευθυντή του Ινστιτούτου Γενετικής της Ακαδημίας Επιστημών, μια θέση που διατήρησε για τα επόμενα είκοσι πέντε χρόνια. Στο μεγαλύτερο διάστημα αυτής της περιόδου οι απόψεις του κυριαρχούσαν στη σοβιετική βιολογία.

Οι γενετιστές οι οποίοι δεν εξέφραζαν τις αμφιβολίες τους ήταν σε θέση να συνεχίσουν να εργάζονται. Από τους διαφωνούντες οι πιο τυχεροί έχαναν απλώς τη δουλειά τους. Οι λιγότερο τυχεροί κατέληγαν στη φυλακή ή έχαναν τη ζωή τους. Η αίγλη του Λισένκο μειώθηκε με το θάνατο του Στά-

λιν το 1956, αλλά παρ' όλα αυτά διατήρησε τη θέση του για άλλα εννέα χρόνια. Μόλις το 1965 κατάφερε η Ρωσία να απαλλαχθεί από την καταστροφική επιρροή αυτού του ανθρώπου, ο οποίος προξένησε τόσο μεγάλη βλάβη στην επιστήμη του και στην επιστημονική της θέση στα μάτια ολόκληρης της ανθρωπότητας.

Αυτή η ιστορία του Στάλιν και του πειθήνιου βιολόγου του εμπεριέχει ένα ηθικό δίδαγμα για όλους εκείνους που θα «επενέβαιναν» στην επιστήμη για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες μιας ιδεολογίας. Η ευημερία και ο πλούτος που απολαμβάνουν σήμερα οι αναπτυγμένες χώρες είναι προϊόν της προηγμένης τεχνολογίας. Αυτή η τεχνολογία είναι το προϊόν επιστημονικών ανακαλύψεων πέντε αιώνων. Δεν υπάρχει κανένας νόμος που να λέει ότι η πρόοδος είναι αναπόφευκτη από τη στιγμή που ξεκίνησε η πρόοδος, είναι δεδομένο ότι θα συνεχιστεί. Έχουμε δει επανειλημμένα σε αυτό το βιβλίο πόσο στενά συνδέεται η επιστημονική πρόοδος με τον τρόπο με τον οποίο είναι οργανωμένες οι κοινωνίες και με τον τρόπο με τον οποίο σκέφτονται οι κοινωνίες. Αν καταπνίξεις το πνεύμα της αναζήτησης, θα φρενάρεις την επιστημονική πρόοδο, την ώρα που οι πιο πεφωτισμένες χώρες θα συνεχίζουν την πορεία τους προς τα εμπρός. Στις μέρες μας αυτοί που μπαίνουν στον πειρασμό να λογοκρίνουν τη διδασκαλία της εξελικτικής ιολογίας πρέπει να γνωρίζουν ότι παίζουν με τη φωτιά. Η χώρα που ψηφίζει να καταπνίξει την επιστήμη ψηφίζει υπέρ της οικονομικής στασιμότητας και της εθνικής παρακμής.

ΜΑΚΡΙΝΟΙ ΒΕΩΓΗΙΝΟΙ Μια και μιλάμε για την κακή επιστήμη, ίσως είναι η κατάλληλη χρονική στιγμή για να πούμε

μερικά λόγια για τους εξωγήινους. Αρκούν μερικές μόνο λέξεις. Ο πλησιέστερος αστέρας προς τη Γη ονομάζεται Εγγύτατος Κενταύρου. Βρίσκεται 4,2 έτη φωτός μακριά μας. Αυτό σημαίνει μια απόσταση ίση με 40 εκατομμύρια εκατομμύρια χιλιόμετρα. Σκεφτείτε το λίγο...

ΑΛΛΑΓΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ Πολλοί θεωρούν την επιστημονική ανακάλυψη μια διαδικασία σταδιακής συσσώρευσης νέων γνώσεων επάνω σε ένα σωρό υφιστάμενων γνώσεων. Αυτή η άποψη για την επιστήμη θα μπορούσε να ονομαστεί «παλάτι στην άμμο», καθώς αντιμετωπίζει τους επιστήμονες, ανεξάρτητα από το πόσο επιφανείς και λάτρεις της περιπέτειας κι αν είναι, σαν παιδιά που παίζουν στην αμμουδιά προσφέροντας τον δικό τους «οβολό» στο σωρό άμμου που έχει ήδη συσσωρευτεί. Τα παραπάνω θα μπορούσαν να ερμηνεύσουν το 98% αυτού που αποκαλούμε επιστημονική πρόοδο. Χρειαζόμαστε όμως και μια άλλη εικόνα για να αποτυπώσουμε το χαρακτήρα του υπόλοιπου 1 ή 2%.

Ένα θέμα που εμφανίστηκε επανειλημμένα σε αυτό το βιβλίο ήταν το σοκ που προκαλούν οι νέες ιδέες και η εκ νέου προσαρμογή της επιστημονικής σκέψης που έρχεται ως αποτέλεσμα. Αυτή η διαδικασία αναπροσαρμογής ήταν αντικείμενο ενός βιβλίου που κυκλοφόρησε το 1962 με τίτλο *Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων*, από τον Τόμας Σ. Κουν (1922-1996), καθηγητή γλωσσολογίας και φιλοσοφίας στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης.

Η άποψη του Κουν ήταν ότι η επιστημονική ανακάλυψη είναι τις περισσότερες φορές μια διαδικασία σταδιακής συσσώρευσης γνώσεων και κατανόησης μέσα στο πλαίσιο αυτού που εκείνος αποκάλεσε «κανονική επιστήμη». Κάθε τόσο

όμως προτείνεται ένα «νέο μοντέλο» –ένα επαναστατικό νέο μοντέλο– το οποίο προσφέρει μια δραματικά αλλαγμένη άποψη για την κατανόηση της πραγματικότητας που μια συγκεκριμένη επιστήμη προσπαθεί να εξηγήσει. Αν το νέο μοντέλο αποδειχθεί πως πέτυχε να εξηγήσει φαινόμενα έως τότε μυστηριώδη, ακολουθεί μια περίοδος αναστάτωσης καθώς οι επιστήμονες προσπαθούν να συμβιβαστούν με τις συνέπειές του. Αυτό οδηγεί σε έναν εκ νέου προσανατολισμό της συγκεκριμένης επιστήμης, τον οποίο ο Κουν αποκάλεσε «αλλαγή μοντέλου». Στην κατάλληλη χρονική στιγμή το νέο μοντέλο εξασφαλίζει τη γενική αποδοχή και ακολουθεί μια περίοδος ιδιαίτερα γόνιμης αναζήτησης η οποία μπορεί να διαρκέσει δύο ή τρεις αιώνες, καθώς οι επιστήμονες διερευνούν το πεδίο που άνοιξε η νέα άποψη.

Οι αλλαγές μοντέλου δεν πρέπει να είναι καταστροφικές. Όμως, για να χρησιμοποιήσουμε το παράδειγμα με τα παιδιά που παίζουν στην παραλία, μια σημαντική επιστημονική τομή δεν είναι υποχρεωτικό να σημαίνει ισοπέδωση του παλατιού στην άμμο. Περισσότερο είναι σαν να έλεγε κάποιος: «Γιατί δε φτιάχνουμε καλύτερα ένα υπερωκεάνιο αντί για παλάτι στην άμμο;» Αν η ιδέα αποδειχθεί καλή και χρήσιμη, οδηγεί σε μια έκρηξη ενθουσιασμού και δραστηριότητας που το απλό παλάτι στην άμμο ποτέ δε θα προκαλούσε.

Οι παρακάτω είναι απλώς μια σειρά από μερικές αξιοσημείωτες επιστημονικές επαναστάσεις των τελευταίων εξακοσίων ετών. Όλες αντιπροσωπεύουν αλλαγή μοντέλου σαν κι αυτή που είχε ο Κουν στο μυαλό του. Και ύστερα από όλες ακολούθησε μια επιτάχυνση του ρυθμού των επιστημονικών ανακαλύψεων η οποία συνεχίστηκε για πολύ καιρό.

Το ηλιοκεντρικό μοντέλο του ηλιακού συστήματος
Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης
Ο περιοδικός πίνακας των στοιχείων
Η εξέλιξη με βάση τη φυσική επιλογή
Το πλανητικό μοντέλο του ατόμου
Ειδική και γενική σχετικότητα
Το επεκτεινόμενο σύμπαν
Η δομή του DNA
Οι τεκτονικές πλάκες

Το ταξίδι αυτό ήταν συναρπαστικό. Και υπόψη ότι δεν έχει ακόμα τελειώσει. Μπορεί κάλλιστα να υποστηρίξει κάποιος ότι τα επόμενα πενήντα χρόνια η επιστήμη θα γνωρίσει μια μεγαλύτερη συσσώρευση επιστημονικών γνώσεων από οποιαδήποτε άλλη πενήνταετία μέχρι σήμερα και πως θα συνεχίσει η κατασκευή νέων μοντέλων.

Συνεπώς ποιο είναι το μήνυμα που βγαίνει από τις σελίδες που διαβάσατε ως τώρα; Είναι ότι η επιστημονική πρόοδος αποτελεί το συνδυασμένο προϊόν:

- του χρόνου που έχουμε στη διάθεσή μας να σκεφτούμε και να μιλήσουμε για την επιστήμη;
- των ευκαιριών που δίνονται για την από κοινού αξιοποίηση των ιδεών με άλλους επιστήμονες;
- της απουσίας πολιτικών, θρησκευτικών και πολιτισμικών περιορισμών σχετικά με την επιστημονική αναζήτηση *καί*
- της διαθεσιμότητας της κατάλληλης τεχνολογίας.

Σε ό,τι αφορά και τους τέσσερις παραπάνω παράγοντες, σήμερα είμαστε σε θέση να αναζητήσουμε απαντήσεις περισ-

σότερο από οποιαδήποτε άλλη χρονική στιγμή στην Ιστορία. Ενώ σε παλιότερες εποχές υπήρχε μόνο μια χούφτα ευγενών που διέθεταν ελεύθερο χρόνο ή ακαδημαϊκών, σήμερα υπάρχουν εκατοντάδες χιλιάδες πλήρους απασχόλησης και αμειβόμενοι επιστήμονες και των δύο φύλων. Ως αποτέλεσμα των πρόσφατων εξελίξεων στις τηλεπικοινωνίες –και πάνω απ’ όλα στο Διαδίκτυο– οι ευκαιρίες για δικτύωση και η ταχύτητα διάχυσης των νέων γνώσεων υπερβαίνουν κατά πολύ οτιδήποτε ήταν γνωστό πριν από είκοσι πέντε χρόνια. Η τεχνολογία που έχουμε στη διάθεσή μας, ειδικότερα στον τομέα των υπολογιστών, είναι απείρως ισχυρότερη από εκείνη που είχαν στη διάθεσή τους οι πρόγονοί μας. Και παρά τις μερικές «σκοτεινές» γωνιές που υπάρχουν, η ελευθερία ως προς την αναζήτηση και η πολιτισμική επιταγή να υλοποιηθεί η αναζήτηση αυτή είναι χαρακτηριστικά άρρηκτα συνυφασμένα με τον σύγχρονο κόσμο μας. Φυσικά ίσως ζούμε σε μια εποχή που τα περισσότερα από όσα μπορούν να ανακαλυφθούν έχουν ήδη ανακαλυφθεί. Εντούτοις, η ιστορία της επιστήμης βρίθει από περιστατικά επιφανών επιστημόνων που και εκείνοι πίστευαν ότι ζούσαν σε μια τέτοια εποχή. Κι όμως αποδείχτηκε ότι έκαναν λάθος!

Μέχρι στιγμής η γιορτή ήταν μάλλον κλειστού χαρακτήρα. Για πεντακόσια περίπου χρόνια, από τον Κοπέρνικο μέχρι το Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος, η Ευρώπη και η Βόρεια Αμερική, εκεί όπου υπήρχε οικονομική ευμάρεια, εκεί όπου υπήρχε ελεύθερος χρόνος και στρατιωτική τεχνολογία, κατείχαν ουσιαστικά το μονοπώλιο της επιστήμης. Όπως όμως παρατηρήσαμε όταν εξετάσαμε την επιστημονική επανάσταση του δέκατου έβδομου αιώνα, αυτό δε συνέβη επειδή οι χώρες που πήραν μέρος ήταν πιο έξυπνες από

άλλες. Απλώς ήταν πιο τυχερές. Τώρα πλέον, ύστερα από πολύ καιρό, η Κίνα, η Ινδία και πολλές άλλες χώρες έχουν μια ευκαιρία να δείξουν τι μπορούν να κάνουν. Και η συνέπεια μπορεί να είναι απλώς μια περαιτέρω επιτάχυνση της επιστημονικής προόδου. Το νου σας για τη συνέχεια!

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ

ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΟΙ ΚΑΙ ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ Καθώς η επιστήμη καλούνταν να ασχοληθεί όλο και περισσότερο με τα πολύ μεγάλα και τα πολύ μικρά, οι επιστήμονες χρειάζονταν μια γλώσσα που θα τους βοηθούσε να χειρίζονται αριθμούς με πολλά μηδενικά ή πολλά δεκαδικά ψηφία. Όταν τα κιλοβάτ έγιναν πολύ μικρή μονάδα για να μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες για αυξανόμενη παραγωγή ισχύος, άρχισαν να χρησιμοποιούνται τα μεγαβάτ. Όταν τα χιλιοστόμετρα δεν αρκούσαν για να αποτυπώσουν τις μικρές διαστάσεις, στη θέση τους χρησιμοποιήθηκαν τα μικρόμετρα. Παρ' όλα αυτά, για πολλές σύγχρονες ανάγκες το μεγαβάτ είναι πολύ μικρό και το μικρόμετρο πολύ ανεπαρκές. Γι' αυτό οι επιστήμονες αποφάσισαν να χρησιμοποιούν μια συγκεκριμένη σειρά προθεμάτων, που μπορούν να συνδυαστούν με μια οποιαδήποτε μονάδα μέτρησης, ώστε να είναι οι αριθμοί εύχρηστοι:

Πρόθεμα	Σύμβολο	Σημασία
tera	T	x 1.000.000.000.000
giga	G	x 1.000.000.000
mega	M	x 1.000.000
kilo	k	x 1.000
hecto	h	x 100
deca	da	x 10
deci	d	: 10
centi	c	: 100
milli	m	: 1.000
micro	μ	: 1.000.000
nano	n	: 1.000.000.000
pico	p	: 1.000.000.000.000

Τα προθέματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε μονάδα. Το picosecond (ps) είναι το ένα τρισεκατομμυριοστό του δευτερολέπτου και η τεραβατώρα (Twh) είναι χίλια εκατομμύρια κιλοβατώρες. Όταν μετράμε μήκος, το εκατομμυριοστό του μέτρου συνήθως αναφέρεται ως micron παρά ως μικρόμετρο.

Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ Θερμοκρασία και θερμότητα δεν είναι το ίδιο πράγμα. Μια τσαγιέρα βραστό νερό και μια κούπα βραστό νερό έχουν την ίδια θερμοκρασία, αλλά η τσαγιέρα περιέχει πολύ περισσότερο νερό και συνεπώς πολύ περισσότερη θερμότητα, και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο μπορεί να λιώσει πολύ περισσότερο πάγο. Όσο παράξενο κι αν ακούγεται, ένας κουβάς με πάγο περιέχει πολύ περισσότερη θερμότητα από μια κούπα παγάκια στην ίδια θερμοκρασία. Η θερμότητα χάνεται καθώς η

θερμοκρασία πέφτει. Όταν κάποιο υγρό παγώνει, συνεχίζει να περιέχει πολλή θερμότητα, την οποία μπορεί να χάσει αν η θερμοκρασία του μειωθεί περισσότερο.

Ωστόσο, η απώλεια θερμότητας δεν μπορεί να συνεχιστεί επ' αόριστον, επειδή κάθε ουσία περιέχει περιορισμένη μόνο ποσότητα θερμότητας. Σε μια θερμοκρασία *μείον* 273 βαθμών Κελσίου δεν έχει απομείνει άλλη θερμότητα για να χαθεί και η ψύξη δεν μπορεί να προχωρήσει άλλο. Οι φυσικοί ονομάζουν αυτή τη θερμοκρασία *απόλυτο μηδέν* και αποτελεί το σημείο έναρξης της κλίμακας που προτιμούν –τους βαθμούς Κέλβιν– για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Υπάρχουν δύο άλλες κλίμακες που χρησιμοποιούνται συχνά για τη μέτρηση της θερμοκρασίας: του *Φαρενάιτ* και του *Κελσίου* (που είναι γνωστή και ως *εκατονταβάθμια* κλίμακα).

Η κλίμακα Φαρενάιτ επινοήθηκε από τον Γερμανο-ολλανδό φυσικό Ντάνιελ Φαρενάιτ. Ο Φαρενάιτ, γιος ενός πλούσιου εμπόρου, γεννήθηκε στο Ντάντσιχ –το σημερινό Γκντανσκ– το 1686. Μετά το θάνατο των γονιών του μετακόμισε στο Άμστερνταμ, όπου ασχολήθηκε με την κατασκευή μετεωρολογικών οργάνων. Το 1714 συνέλαβε την καταπληκτική ιδέα να χρησιμοποιήσει υδράργυρο στα θερμομέτρα αντί για οινόπνευμα. Αυτό έδωσε τη δυνατότητα στα όργανά του να μετρούν θερμοκρασίες πολύ κάτω από το σημείο πήξης του νερού και πολύ πάνω από το σημείο βρασμού του. Για να αποφύγει τη συχνή χρήση αρνητικών αριθμών κατά τις ψυχρές ημέρες, πρόσθεσε αλάτι στο νερό ώστε να επιτύχει χαμηλότερο σημείο πήξης. Στο σημείο αυτό όρισε τους 0 βαθμούς. Το σημείο πήξης του μη αλατισμένου νερού το προσδιόρισε στους 32 βαθμούς και το σημείο βρασμού του νερού στους 212 βαθμούς. Το 1724 η

καινοτομία του έγινε αφορμή να τον δεχθούν ως μέλος της Βασιλικής Εταιρείας και το σύστημά του υιοθετήθηκε στη Βρετανία και την Ολλανδία αμέσως μετά.

Η κλίμακα Κελσίου ήταν το πνευματικό τέκνο ενός σύγχρονου επιστήμονα του Φαρενάιτ, του Σουηδού αστρονόμου Άντερς Σέλσιους (Κελσίου). Αυτός γεννήθηκε το 1701 στην Ουψάλα σε μια διάσημη επιστημονική οικογένεια και έγινε καθηγητής αστρονομίας στην Ουψάλα. Το 1742 δημοσίευσε την εργασία του για μια νέα κλίμακα μέτρησης της θερμοκρασίας –την «εκατονταβάθμια» κλίμακα– στην οποία το σημείο βρασμού του νερού ορίστηκε στους 0 βαθμούς και το σημείο πήξης του νερού στους 100 βαθμούς. Τον επόμενο χρόνο αντέστρεψε αυτά τα στοιχεία και έβαλε τους 0 βαθμούς για σημείο πήξης και τους 100 βαθμούς για σημείο βρασμού. Έτσι ξεκίνησε η χρήση της εκατονταβάθμιας κλίμακας που έγινε η πλέον διαδεδομένη στις περισσότερες μη αγγλόφωνες χώρες και το προτιμότερο εργαλείο των επιστημόνων σε άλλες περιοχές. Το 1948 συμφώνησαν ότι έπρεπε να μετονομαστεί σε κλίμακα Κελσίου.

Στις μέρες μας οι φυσικοί χρησιμοποιούν συνήθως τους βαθμούς Κέλβιν. Η ονομασία προέρχεται από τον Βρετανό φυσικό Ουίλιαμ Τόμσον, λόρδο Κέλβιν, ο οποίος εισήγαγε την έννοια του απόλυτου μηδενός. Στην κλίμακα Κέλβιν, το απόλυτο μηδέν –μείον 273 βαθμοί Κελσίου– ορίζεται ως 0 βαθμοί και όλες οι μετρήσεις έχουν θετική τιμή.

Οι κανόνες για τη μετατροπή από τη μία κλίμακα σε μια άλλη είναι οι παρακάτω:

Από Φαρενάιτ σε Κελσίου:

Αφαιρούμε 32, διαιρούμε με το 9 και πολλαπλασιάζουμε με το 5.

Παράδειγμα: $212^{\circ}\text{F} - 32 = 180 \cdot 180 : 9 = 20 \cdot 20 \times 5 = 100^{\circ}\text{C}$

Από Κελσίου σε Φαρενάιτ:

Διαιρούμε με το 5, πολλαπλασιάζουμε με το 9 και προσθέτουμε 32.

Παράδειγμα: $100^{\circ}\text{C} : 5 = 20 \cdot 20 \times 9 = 180 \cdot 180 + 32 = 212^{\circ}\text{F}$

Από Κελσίου σε Κέλβιν:

Προσθέτουμε 273.

Παράδειγμα: $0^{\circ}\text{C} + 273 = 273^{\circ}\text{K}$

ΜΕΡΙΚΑ ΔΙΕΘΝΗ ΠΡΟΤΥΠΑ Ο ορισμός του **μέτρου** σύμφωνα με το Διεθνές Σύστημα SI (Système Internationale) είναι η απόσταση που διανύει το φως στο κενό μέσα σε $1/299.792.458$ ό του δευτερολέπτου.

Ο ορισμός του **δευτερολέπτου** σύμφωνα με το Διεθνές Σύστημα SI είναι 9.192.631.770 κραδασμοί ενός ατόμου καϊσίου, όπως μετρώνται με τη βοήθεια ενός ατομικού ρολογιού.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2:
ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ

ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΟ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ

Προ Χριστού

περ. 3000 Οι Βαβυλώνιοι προβλέπουν εκλείψεις.

περ. 2400 Κινέζοι αστρονόμοι υιοθετούν το σύστημα του Ισημερινού για την πραγματοποίηση παρατηρήσεων, 4.000 χρόνια πριν από τη χρήση του από τον Τίχο Μπράχε.

περ. 1800 Στη Βαβυλώνα καταρτίζονται κατάλογοι αστερών και πλανητών.

περ. 1600 Εντοπίζονται στη Μεσοποταμία οι αστερισμοί του ζωδιακού κύκλου.

περ. 530 Ο Πυθαγόρας υποστηρίζει ότι η Γη είναι σφαιρική.

352 Κινέζοι αστρονόμοι καταγράφουν την πρώτη γνωστή εμφάνιση ενός υπερκαινοφανούς αστέρα (σουπερνόβα).

περ. 270 Ο Αρίσταρχος ο Σάμιος υπολογίζει την απόσταση της Γης από τον Ήλιο και υποστηρίζει ότι η Γη και οι πλανήτες κινούνται σε τροχιές γύρω του.

περ. 260 Ο Ερατοσθένης υπολογίζει την περιφέρεια της Γης.

περ. 130 Ο Ίππαρχος υπολογίζει το μέγεθος της Σελήνης και την απόστασή της από τη Γη.

Μετά Χριστόν

περ. 140 Ο Πτολεμαίος συγγράφει το έργο *Μεγίστη μαθηματική σύνταξη της αστρονομίας*. Το μοντέλο του για το ηλιακό σύστημα δε θα αμφισβητηθεί από κανέναν για 1.400 χρόνια.

827 Το βιβλίο του Πτολεμαίου μεταφράζεται στην αραβική και γίνεται γνωστό ως *Αλμαγέστη*.

περ. 880 Ο Άραβας αστρονόμος αλ-Μπατάνι υπολογίζει τη διάρκεια του έτους.

περ. 940 Ένας κινεζικός χάρτης αστερών χρησιμοποιεί την προβολή του Μερκάτορ.

περ. 1000 Ο Ιμπν Γιουνούς από το Κάιρο δημοσιεύει τους *Αστρονομικούς πίνακες*.

1175 Πρώτη μετάφραση στα λατινικά της *Αλμαγέστης* του Πτολεμαίου.

1543 Δημοσίευση του έργου του Κοπέρνικου με τίτλο *Εξάτομο βιβλίο σχετικά με τις περιστροφικές κινήσεις των ουράνιων σωμάτων*.

1572 Ο Τίχο Μπράχε παρατηρεί τον υπερκαινοφανή αστέρα του.

1609 Ο Κέπλερ διατυπώνει τους νόμους των πλανητικών κινήσεων.

1610 Το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου αποκαλύπτει ότι ο Γαλαξίας αποτελείται από εκατομμύρια μεμονωμένους αστέρες.

1672 Ο Κασίνι υπολογίζει τις αποστάσεις της Γης και των άλλων πλανητών από τον Ήλιο με ένα σφάλμα μικρότερο του 10%.

1687 Δημοσίευση του έργου *Αρχές του Νεύτωνα*, όπου διατυπώνει τη θεωρία του για την παγκόσμια έλξη.

1796 Ο Λαπλάς υποστηρίζει ότι το ηλιακό σύστημα προέκυψε από συμπίκνωση ενός νέφους αερίου.

1814 Ο φον Φράουνχοφερ αναλύει φασματοσκοπικά το ηλιακό φως.

1838 Ο Μπέσελ μετρά για πρώτη φορά την απόσταση της Γης από έναν αστέρα.

1912 Η μελέτη της Λίβιτ για τους μεταβλητούς αστέρες παρέχει το μυστικό για την απόσταση των άλλων γαλαξιών.

1916 Ο Αϊνστάιν δημοσιεύει τη γενική θεωρία για τη σχετικότητα.

1919 Οι παρατηρήσεις του Έντινγκτον για μια ηλιακή έκλειψη υποστηρίζουν τη γενική θεωρία του Αϊνστάιν.

1924 Ο Χαμπλ διακρίνει τους αστέρες που απαρτίζουν τους βραχίονες του Νεφελώματος της Ανδρομέδας, δείχνοντας ότι είναι ένα ξεχωριστό αστρικό σύστημα από το Γαλαξία.

1928 Η Πέιν ανακαλύπτει ότι οι αστρικές ατμόσφαιρες αποτελούνται κυρίως από υδρογόνο.

1929 Ο Χαμπλ ερμηνεύει την κόκκινη μετατόπιση στο φάσμα των εξωγαλαξιακών νεφελωμάτων ως απόδειξη ότι το σύμπαν επεκτείνεται.

1938 Ο Μπέθε κι ο φον Βάισζακερ υποστηρίζουν ότι η θερμότητα του Ήλιου προέρχεται από τη μετατροπή του υδρογόνου σε ήλιον.

1948 Ο Γκέμαου και ο Άλφερ προωθούν την υπόθεσή τους περί «μεγάλης έκρηξης» ως μια ερμηνεία για την καταγωγή του σύμπαντος.

1965 Ο Ντίκε εντοπίζει κοσμική ακτινοβολία υποβάθρου παρέχοντας υποστήριξη στην υπόθεση περί «μεγάλης έκρηξης».

1987 Οι παρατηρήσεις ενός υπερκαινοφανούς αστέρα στο Μεγάλο Νέφος του Μαγγελάνου επιβεβαιώνουν το αποδεκτό μοντέλο των εσωτερικών διαδικασιών των αστερών.

1995 Οι Μέγιον και Κουέλοζ ανακαλύπτουν έναν πλανήτη ο οποίος διαγράφει τροχιά γύρω από έναν αστέρα που βρίσκεται 50 έτη φωτός μακριά από τη Γη.

ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Προ Χριστού

- περ. 350 Ο Αριστοτέλης κατατάσσει 500 είδη ζώων σε 8 κατηγορίες.
περ. 300 Τα γραπτά του Θεόφραστου θέτουν τα θεμέλια της βοτανικής.

Μετά Χριστόν

- περ. 150 Ο Γαληνός παρουσιάζει συνοπτικά τις ιατρικές γνώσεις της εποχής.
περ. 1000 Κυκλοφορεί ο *Κανόνας της ιατρικής* του Αβικένα (Ιμπν Σίνα).
περ. 1180 Το έργο του Γαληνού μεταφράζεται στη λατινική.
1551 Οι απαρχές της σύγχρονης ζωολογίας, το *Ιστορία των ζώων* του Γκέσνερ
1604 Ο Φαμπρίτσιους δημοσιεύει μια συγκριτική μελέτη για τα ζωικά έμβρυα.
1614 Η πρώτη μελέτη για το μεταβολισμό, το *De statica medicina* του Σανκτόριους
1628 Το έργο του Χάρβεϊ *Ανατομική μελέτη για την κίνηση της καρδιάς και του αίματος στα ζώα*
1665 Το έργο του Χουκ *Μικρογραφία*
1670 Ο Ρέι χρησιμοποιεί πρώτος τα είδη ως βάση της ταξινόμησης.
1677 Ο Λέβενχουκ περιγράφει το ανθρώπινο σπέρμα.
1735 Το έργο του Λινναίου *Το σύστημα της φύσης*
1800 Το έργο του Ζορζ Κιβιέ *Μαθήματα συγκριτικής ανατομικής*
1809 Το έργο του Λαμάρκ *Ζωολογική φιλοσοφία*
1826 Ο Μπάερ περιγράφει τα κύτταρα των ωαρίων στα θηλαστικά.
1859 Το έργο του Δαρβίνου *Η καταγωγή των ειδών*
1865 Ο Μέντελ δημοσιεύει ένα άρθρο με το οποίο αποσαφηνίζει τις θεωρίες του περί γενετικής.
1868 Ο Παστέρ εντοπίζει τα βακτηρίδια που προκαλούν την ασθένεια των μεταξοσκωλήκων.
1869 Ο Μίσερ ανακαλύπτει το DNA (το οποίο ονομάζει «νουκλεΐνη».)
1871 Το έργο του Δαρβίνου *Η καταγωγή του ανθρώπου*
1878 Ο Κούνε περιγράφει τα ένζυμα.
1898 Ο Μπέιερικ εντοπίζει τον ιό των καπνών.
1900 Ανακαλύπτεται εκ νέου το έργο του Μέντελ για την κληρονομικότητα.
1901 Ο ντε Βρις εισάγει την έννοια των μεταλλάξεων.
1902 Το έργο του Σάτον *Τα χρωμοσώματα στην κληρονομικότητα*
1926 Ο Σάμνερ αποδεικνύει ότι τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες.
1932 Το έργο του Μόργκαν *Η επιστημονική βάση της κληρονομικότητας*

- 1934 Ο Μπέρναλ βγάζει την πρώτη φωτογραφία σκέδασης των ακτίνων X από έναν κρύσταλλο πρωτεϊνών.
1937 Το έργο του Ντομπζάνσκι *Γενετική και η καταγωγή των ειδών*
1938 Αλιεύεται ένας κοιλάκανθος, είδος που θεωρείτο εξαφανισμένο εδώ και 60 εκατομμύρια χρόνια.
1944 Ο Ώιβερι αποδεικνύει ότι το DNA είναι ο φορέας της κληρονομικότητας.
1953 Το έργο του Τίνμπεργκεν *Ο κόσμος του θαλάσσιου γλάρου*
1953 Οι Κρικ και Γουότσον αποδεικνύουν τη δομή του μορίου του DNA.
1975 Ο Γουίλσον εισάγει την έννοια της «κοινωνιοβιολογίας».
1977 Ο Γουόους (Woes) εισάγει την *αρχαϊκή* ως μια τρίτη, αρχική μορφή ζωής πέρα από τους προκαρυωτικούς και τους ευκαρυωτικούς οργανισμούς.
1990 Εντοπίζεται το γονίδιο του κυστικού ινώματος.
2001 Ολοκλήρωση του Προγράμματος Ανθρώπινου Γονιδιώματος

ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ

Προ Χριστού

περ. 3000 Κατασκευάζεται μπρούντζος από χαλκό και άλλα μέταλλα στην Αίγυπτο και τη Μέση Ανατολή.

Μετά Χριστόν

1661 Ο Μπόιλ κάνει τη διάκριση μεταξύ μείγματος και χημικής ένωσης στο έργο του *Ο σκεπτικιστής χημικός*.

1669 Ο Μπραντ ανακαλύπτει το φωσφόρο.

1756 Ο Μπλακ ανακαλύπτει το διοξείδιο του άνθρακα.

1772 Ο Ντάνιελ Ράδερφορντ ανακαλύπτει το άζωτο.

1773-74 Οι Σέελε και Πρίστλι ανακαλύπτουν ξεχωριστά ο καθένας το οξυγόνο.

1776 Ο Κάβεντις απομονώνει το άζωτο.

1784 Ο Κάβεντις αποδεικνύει ότι το νερό είναι μια χημική ένωση υδρογόνου και οξυγόνου.

1789 Στο έργο του Λαβουαζιέ *Στοιχειώδης πραγματεία χημείας* αναφέρονται 33 στοιχεία.

1791 Ο Ρίχτερ αποδεικνύει ότι τα οξέα και οι βάσεις εξουδετερώνονται πάντα στην ίδια αναλογία.

1799 Ο νόμος του Πroust: τα στοιχεία συνδυάζονται σε σταθερές αναλογίες κατά μάζα.

1807 Ο Ντέιβι χρησιμοποιεί την ηλεκτρόλυση για να απομονώσει το κάλιο και το νάτριο.

1808 Ο Ντάλτον περιγράφει την ατομική θεωρία του στο βιβλίο του *Νέο σύστημα χημικής φιλοσοφίας*.

1811 Ο Αβογκάντρο καθιερώνει τον όρο «μόριο» και διατυπώνει το νόμο του Αβογκάντρο.

Ο Μπερσέλιους εισάγει το σύγχρονο σύστημα χημικών συμβολισμών.

1828 Ο Βέλερ παρασκευάζει ουρία από ανόργανες ουσίες.

περ. 1835 Ο Φάραντεϊ διατυπώνει τους νόμους της ηλεκτρόλυσης.

1845 Ο Χόφμαν κατασκευάζει συνθετική ανιλίνη.

1846 Ο Σένμπαϊν ανακαλύπτει συμπτωματικά τη βαμβακοपुरίτιδα.

1852 Ο Φράνκλαντ εισάγει την έννοια του σθένους.

1856 Ο Πέρκιν συνθέτει το μοβ χρώμα.

1858 Ο Κέκουλε εξηγεί μεγάλα οργανικά μόρια με βάση τους τέσσερις δεσμούς του άνθρακα.

1859 Οι Κίρχοφ και Μπούνσεν χρησιμοποιούν ένα φασματοσκόπιο για τον εντοπισμό των στοιχείων.

1869 Ο Μεντελέγεφ δημοσιεύει τον περιοδικό του πίνακα.

1876-76 Ανακαλύπτονται το γάλλιο και το σκάνδιο όπως προέβλεψε ο Μεντελέγεφ.

1877-78 Ο Σούν και ο Μπερνιγκό κατοχυρώνουν την πατέντα για το ρεγιόν σε Αγγλία και Γαλλία αντίστοιχα.

1887 Ο Αρένιους παρέχει θεωρητικό υπόβαθρο για το νόμο του Φάραντεϊ για την ηλεκτρόλυση.

1898 Η Μαρί και ο Πιερ Κιουρί ανακαλύπτουν το ράδιο και το πολώνιο.

1908 Ο Χάμπερ αναπτύσσει μια διαδικασία με την οποία λαμβάνει άζωτο από την ατμόσφαιρα για να παρασκευάσει αμμωνία.

1913 Ο Μόζλι διατυπώνει το νόμο του για τους ατομικούς αριθμούς.

1916 Ο Λιούις εξηγεί τους χημικούς δεσμούς και το σθένος με τη θεωρία του για τα κοινά ηλεκτρόνια.

1919 Το μοντέλο του Λάνγκμιουρ για το ομοκεντρικό κέλυφος παρέχει περαιτέρω αποσαφήνιση του φαινομένου του σθένους.

1923 Ο Μπρόνστιντ δίνει τον ορισμό των οξέων και των βάσεων με βάση τα ιόντα υδρογόνου.

1932 Ο Γιούρι ανακαλύπτει το δευτέριο.

1933 Ο Σεγκρέ συνθέτει το τεχνητό, το πρώτο τεχνητό στοιχείο.

1939 Το έργο του Πόλινγκ *Η φύση του χημικού δεσμού*.

1940 Ο Κάμεν ανακαλύπτει τον άνθρακα 14.

1940 Οι Σίμποργκ και ΜακΜίλαν δημιουργούν το πρώτο υπερουράνιο στοιχείο, το ποσειδώνιο.

1940-85 Προστίθενται δεκατέσσερα νέα συνθετικά στοιχεία στον Περιοδικό Πίνακα.

1985 Οι Κρότο και Σμόλεϊ ανακαλύπτουν γιγάντια μόρια άνθρακα.

ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΟ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

Προ Χριστού

περ. 570 Ο Ξενοφάνης ερμηνεύει απολιθώματα θαλάσσιων οστράκων ως αποδείξεις για ύπαρξη ζωής και στο παρελθόν.

Μετά Χριστόν

περ. 132 Ο Ζανγκ Χενγκ κατασκευάζει έναν ανιχνευτή σεισμών.

1517 Ο Φρακαστόρο υποστηρίζει ότι τα απολιθώματα είναι τα λείψανα ζώντων οργανισμών.

1743 Κυκλοφορεί ο πρώτος γεωλογικός χάρτης: το *New Philosophical Chart of East Kent* του Κρίστοφερ Πακ.

1744 Ο Λομονόσοφ δημοσιεύει έναν κατάλογο με 3.000 μεταλλικά στοιχεία.

1763 Οι Γκετάρ και Λαβουαζιέ κυκλοφορούν τον άτλαντα κοιτασμάτων μεταλλευμάτων της Γαλλίας.

1770 Ο Βενιαμίν Φραγκλίνος αποτυπώνει το Ρεύμα του Κόλπου.

1774 Ο Βέρνερ προτείνει ένα επίσημο σύστημα ταξινόμησης των μεταλλικών στοιχείων.

1779 Ο Μπιφόν υποστηρίζει ότι η ηλικία της Γης είναι 75.000 ετών.

1785 Το έργο του Χάτον *Θεωρία της Γης*

1795 Ο Κουβιέ εντοπίζει λείψανα του μοσάσαυρου που υποστηρίζει ότι ανήκουν σε ένα γιγάντιο προϊστορικό ερπετό.

1798 Ο Κάβεντις υπολογίζει τη μάζα και την πυκνότητα της Γης.

1799 Ο Χάμπολτ εντοπίζει την Ιουρασική περίοδο.

1809 Κυκλοφορεί ο γεωλογικός χάρτης του ΜακΛιούρ για τις ανατολικές ΗΠΑ.

1811 Αναπτύσσεται η θεωρία του Κιβιέ για τους καταστροφικούς αφανισμούς.

1815 Το έργο *Γεωλογικός χάρτης της Αγγλίας* του Σμιθ δίνει τον ορισμό των στρωμάτων των πετρωμάτων με βάση τα απολιθώματα που περιέχουν.

1822 Προσδιορισμός της Κρητιδικής και της Λιθανθρακοφόρου περιόδου.

1831 Το έργο του Λάιελ *Αρχές της γεωλογίας*.

1835 Προσδιορισμός της Κάμβριας και της Σιλούριας εποχής.

1837 Ο Αγκασίζ προωθεί την έννοια της «Εποχής των Παγετώνων».

1842 Ο Όουεν καθιερώνει τον όρο «δεινόσαυρος».

1855 Το βιβλίο του Μόρι *Η φυσική γεωγραφία της θάλασσας* θέτει τα θεμέλια για την επιστήμη της ωκεανογραφίας.

1866 Ο Ντομπρέ υποστηρίζει ότι ο πυρήνας της Γης αποτελείται από νικέλιο και σίδηρο.

1906 Ο Όλνταμ χρησιμοποιεί σεισμικά κύματα για να αποδείξει την ύπαρξη του πυρήνα της Γης.

1909 Ο Μοχορόβιτς ανακαλύπτει τα όρια ανάμεσα στο μανδύα της Γης και τον πυρήνα που σήμερα φέρει το όνομά του.

1912 Ο Βέγκενερ παρουσιάζει τη θεωρία του για τη μετακίνηση των ηπείρων.

Ο Ματουγιάμα αποκαλύπτει στοιχεία που δείχνουν τις περιοδικές αναστροφές του μαγνητικού πεδίου της Γης.

1935 Ο Ρίχτερ επινοεί την κλίμακά του για τη μέτρηση των σεισμών.

1953 Ο Πάτερσον υπολογίζει την ηλικία της Γης σε 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια.

1954 Οι Μπάργκουρν και Τάιλερ ανακαλύπτουν απολιθώματα ηλικίας κατά 1,5 δισεκατομμύριο έτη μεγαλύτερα από όλα τα μέχρι τότε γνωστά.

1958 Οι Μπάκουσ και Χέρτζενμπεργκ αποδεικνύουν την ύπαρξη ενός «δυναμό» μέσα στη Γη που δημιουργεί το μαγνητικό της πεδίο.

1961-2 Οι Ντιτζ και Χες προτείνουν θεωρίες για τη διεύρυνση του θαλάσσιου πυθμένα.

1968 Ο Μπάργκουρν ανακαλύπτει ίχνη αμινοξέων, γεγονός που δείχνει την ύπαρξη ζωής, σε πετρώματα ηλικίας 3 δισεκατομμυρίων ετών.

1980 Ο Αλβάρεζ ανακαλύπτει το μεταίχμιο Κ/Τ.

1987 Οι μετρήσεις για τη μετακίνηση των ηπείρων από δορυφόρους της NASA επιβεβαιώνουν την τεκτονική θεωρία.

1999 Δείγματα από λίμνες στις Άνδεις αποκαλύπτουν στοιχεία που σκιαγραφούν τις επιπτώσεις του Ελ Νίνιο στο παγκόσμιο κλίμα σε κλίμακα 15.000 ετών.

ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ

Προ Χριστού

- περ. 430 Ο Δημόκριτος διατυπώνει την υπόθεση ότι όλη η ύλη απαρτίζεται από αδιαίρετα άτομα.
περ. 250 Ο Αρχιμήδης ανακαλύπτει τους νόμους που διέπουν τη συμπεριφορά των μοχλών και των επιπλεόντων σωμάτων.

Μετά Χριστόν

- περ. 1000 Ο Άραβας φυσικός Ιμπν αλ-Χαϊτάμ κάνει τη διάκριση ανάμεσα στο μεταδιδόμενο και το ανακλώμενο φως, εξηγεί πώς λειτουργούν οι φακοί και διατυπώνει τους νόμους της ανάκλασης.
1590-91 Τα έργα του Γαλιλαίου *Περί κινήσεως* και *Περί μηχανικών επιστημών*
1621 Ο Σνέλ αναπτύσσει τους νόμους που διέπουν τη διάθλαση του φωτός.
1632 Η Εκκλησία απαγορεύει το έργο του Γαλιλαίου *Διάλογος σχετικός με τα δύο μεγάλα συστήματα του κόσμου*.
1638 Ο Γαλιλαίος προβάλλει την αρχή ότι η απόσταση που διανύει ένα σώμα κατά την πτώση του αυξάνεται κατά το τετράγωνο του χρόνου που διέρρευσε.
1676 Το έργο του Νεύτωνα *Αρχές γνωστοποιεί* στο ευρύ κοινό τη θεωρία του για την παγκόσμια έλξη.
1690 Το βιβλίο του Χόιχενς *Πραγματεία περί του φωτός* περιγράφει την κυματική θεωρία του φωτός.
1704 Το έργο του Νεύτωνα *Οπτική* προβάλλει τις ιδέες του σχετικά με τη φύση και τη συμπεριφορά του φωτός.
1762 Ο Μπλακ ανακαλύπτει τη λανθάνουσα θερμότητα και την ειδική θερμότητα.
1798 Ο Κάβεντις υπολογίζει την τιμή της βαρυτικής σταθεράς.
1800 Ο Βόλτα δημιουργεί για πρώτη φορά ηλεκτρικό ρεύμα.
1803 Ο Ντάλτον υποστηρίζει ότι η ύλη αποτελείται από άτομα.
1811 Ο Αβογκάντρο παρουσιάζει το νόμο του σχετικά με το πλήθος των σωματιδίων που υπάρχουν σε ένα δεδομένο όγκο οποιουδήποτε αερίου.
1820 Ο Έρστρεντ ανακαλύπτει τον ηλεκτρομαγνητισμό.
1827 Ο Αμπέρ διατυπώνει τους νόμους του για τον ηλεκτρομαγνητισμό.
1831 Ο Φάραντσει και ο Χένρι διατυπώνουν ο καθένας ξεχωριστά ότι ένας κινούμενος μαγνήτης δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα.

- 1847 Οι Τζάουλ και Μάγιερ διατυπώνουν ο καθένας ξεχωριστά το νόμο της διατήρησης της ενέργειας.
1850 Ο Κλάουζιους διατυπώνει τον δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής.
1851 Ο Κέλβιν εισάγει την έννοια του απόλυτου μηδενός.
1873 Το έργο του Μάξγουελ *Δοκίμιο για τον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό* θέτει τα θεμέλια της επιστήμης του ηλεκτρομαγνητισμού.
1887 Οι Μίκελσον και Μόρλεϊ αποδεικνύουν ότι η ταχύτητα του φωτός είναι ανεξάρτητη από την κίνηση της Γης.
1888 Ο Χερτζ ανιχνεύει ραδιοκύματα και μετράει το μήκος κύματός τους.
1895 Ο Ρέντγκεν ανακαλύπτει τις ακτίνες Χ.
1897 Ο Τόμσον (Τζόζεφ Γ'τζ.) ανακαλύπτει το ηλεκτρόνιο.
1898 Το ζεύγος Κιουρί ανακαλύπτει και δίνει το όνομα στη ραδιενέργεια.
1900 Ο Πλανκ εισάγει την έννοια των κβάντων· αρχή της κβαντικής θεωρίας.
1905 Ο Αϊνστάιν δημοσιεύει την ειδική θεωρία της σχετικότητας.
1911 Ο Ράδερφορντ προβάλλει το πλανητικό μοντέλο του για το άτομο.
1912 Ο Μπορ δημοσιεύει τη θεωρία του για την τροχιακή συμπεριφορά των ηλεκτρονίων.
1916 Ο Αϊνστάιν ολοκληρώνει τη γενική θεωρία της σχετικότητας.
1924 Ο ντε Μπρόλι υποστηρίζει τον διπλό χαρακτήρα σωματιδίων και κυμάτων για τα σωματίδια του ατόμου.
1927 Ο Χάιζενμπεργκ παρουσιάζει τη θεωρία της απροσδιοριστίας.
1932 Ο Τσάντγουικ ανακαλύπτει το νετρόνιο.
1939 Η Μάιτνερ δημοσιεύει την εργασία της για τη σχάση του ατόμου του ουρανίου.
1942 Ο Φέρμι και η ομάδα του επιτυγχάνουν ελεγχόμενη σχάση ατόμου.
1947 Οι Φέινμαν, Σουίνγκερ και Τομονάγκα αναπτύσσουν ο καθένας ξεχωριστά την ηλεκτροδυναμική των κβάντων που συνδέει τη συμπεριφορά του φωτός και τη συμπεριφορά της ύλης.
1955 Άμεση παρατήρηση των ατόμων για πρώτη φορά
1964 Ο Γκελ-Μαν υποστηρίζει ότι τα βαρύτερα υποατομικά σωματίδια αποτελούνται από κουάρκ.
1986 Οι Μίλερ και Μπεντνόρτ ανακαλύπτουν την υψηλής θερμοκρασίας υπεραγωγιμότητα.
Παρατηρούνται για πρώτη φορά ατομικά άλματα κβάντων σε μεμονωμένα άτομα.

ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΟ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Προ Χριστού

- περ. 1500 Ο Τούθμωσις Γ' ανεγείρει τον Οβελίσκο της Κλεοπάτρας που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του χρόνου και των εποχών.
περ. 1000 Αλφαβητική γραφή εμφανίζεται στην ανατολική Μεσόγειο.
περ. 132 Ο ανιχνευτής σεισμών του Ζανγκ Χενγκ

Μετά Χριστόν

- περ. 100 (ή νωρίτερα) Χρησιμοποιείται χαρτί για γραφή στην Κίνα.
περ. 710 Το παλαιότερο σωζόμενο κομμάτι έντυπου κινεζικού κειμένου
846 Το παλαιότερο σωζόμενο κινεζικό τυπωμένο βιβλίο
περ. 1250 Χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη και την Κίνα γυαλιά οράσεως από διαφανή χαλαζία.
περ. 1310 Εμφανίζονται για πρώτη φορά μηχανικά ρολόγια στην Ευρώπη.
1455 Η Βίβλος του Γουτεμβέργιου: το πρώτο βιβλίο που τυπώνεται με τη χρήση κινητών τυπογραφικών στοιχείων
1569 Ο Τίχο Μπράχε κατασκευάζει έναν τετράντα μήκους έξι μέτρων για παρατηρήσεις αστέρων.
περ. 1600 Ο Γιάνσεν κατασκευάζει το πρώτο συμπαγές μικροσκόπιο.
1609 Ο Γαλιλαίος κατασκευάζει το πρώτο του τηλεσκόπιο.
1657 Ο Χόιχενς ανακαλύπτει το ρολόι-εκκρεμές.
1764 Περνάει επιτυχώς τις δοκιμές το χρονόμετρο H4 του Χάρισον.
1817 Ο φον Φράουνχοφερ κατασκευάζει το φασματοσκόπιο.
1827 Ο Τζ. Τζ. Λίστερ βελτιώνει το συμπαγές μικροσκόπιο.
1845 Κατασκευάζεται το τηλεσκόπιο Ρόσε μήκους 1,8 μέτρων.
1856 Ο Παλμιέρι εφευρίσκει το σειсмоγράφο.
1860 Ο Κίρχοφ θέτει τα θεμέλια της αστρικής φασματοσκοπίας.
1906 Ο Τσβετ αναπτύσσει τη χρωματογραφία επί χάρτου.
1907 Ο Μπόλτγουντ αναπτύσσει τη μέθοδο χρονολόγησης με βάση το ραδιενεργό ουράνιο και μόλυβδο.
1912 Ο φον Λάουε εφευρίσκει την κρυσταλλογραφία ακτίνων Χ.
1917 Ολοκλήρωση του τηλεσκοπίου Χούκερ (όρος Γουίλσον), μήκους 2,5 μέτρων
1932 Τα πρώτα ηλεκτρονικά μικροσκόπια
1932 Ο Λόρενς κατασκευάζει ένα κύκλωτρο για να επιταχύνει τα υποατομικά σωματίδια.

- 1936 Ο Τούρινγκ θέτει τα θεμέλια της υπολογιστικής θεωρίας.
1937 Ο Ρέμπερ κατασκευάζει ένα ραδιοτηλεσκόπιο.
1942 Κατασκευάζεται στο πανεπιστήμιο του Σικάγο η πρώτη στον κόσμο ατομική στήλη.
1946 Κατασκευάζεται στο πανεπιστήμιο της Πενσυλβάνια ο υπολογιστής ENIAC.
1947 Ολοκλήρωση του τηλεσκοπίου Χέιλ (όρος Πάλομαρ), μήκους 5 μέτρων
1955 Το μικροσκόπιο πεδίου ιόντων καθιστά δυνατή την αποτύπωση εικόνων μεμονωμένων ατόμων.
1956 FORTRAN: η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού στον κόσμο
1958 Οι πρώτοι υπολογιστές που χρησιμοποιούν κρυσταλλολυχνίες αντί για βαλβίδες
1960 Ο Μάιμαν κατασκευάζει το πρώτο λέιζερ.
1969 Δημιουργείται το Arpanet, πρόδρομος του Internet.
1971 Εισάγεται στις ΗΠΑ ο πρώτος μικροεπεξεργαστής.
1988 Αναπτύσσεται η τεχνική αλυσιδωτής αντίδρασης της πολυμεράσης.
1990 Ολοκλήρωση του Διαστημικού Τηλεσκοπίου Χαμπλ. Ο Τιμ Μπέρνερς-Λι συλλαμβάνει την ιδέα του Παγκόσμιου Ιστού.
1991 Εφεύρεση του μικροσκοπίου σάρωσης ηλεκτρονίων (STM)
1992 Εκτόξευση του δορυφόρου COBE

ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ

A Short History of Nearly Everything του Bill Bryson (Broadway, 2003)
Το βιβλίο του Bill Bryson δεν αποτελεί ιστορία της επιστήμης. Είναι μια συνοπτική παρουσίαση όσων έμαθε ο συγγραφέας για τη σύγχρονη επιστημονική γνώση μιλώντας με ειδικούς. Είναι ένα εκλαϊκευμένο επιστημονικό έργο από τα καλύτερα του είδους, απαραίτητο για όποιον απολαμβάνει τα κείμενα σχετικά με την επιστήμη.

Science: A History, 1543-2001 του John Gribbin (Penguin, 2002)
Πιθανότατα η καλύτερη επίτομη εισαγωγή στην ιστορία της επιστήμης που κυκλοφορεί σήμερα.

Landmarks in Western Science του Peter Whitfield (The British Library, 1999)

Ένα όμορφα εικονογραφημένο βιβλίο ιδανικό για όποιον επιθυμεί να μάθει περισσότερα για την ιστορία της επιστήμης στα πρώτα της βήματα.

On Giants' Shoulders, επιμ. Melvyn Bragg (Hodder and Stoughton, 1998)

Στο έργο αυτό παρατίθεται μια σειρά από ραδιοφωνικές συζητήσεις μεταξύ ειδικών σχετικά με επιφανείς επιστήμονες του παρελθόντος. Μεταξύ άλλων, αναφέρονται οι Αρχιμήδης, Γαλιλαίος, Νεύτωνας, Λαβουαζιέ, Φάραντεϊ, Δαρβίνος, Κιουρί, Αϊνστάιν, και Κρικ και Γουότσον. Προτείνεται ανεπιφύλακτα.

A Brief History of Science, του Thomas Crump (Robinson, 2002)

Μια ιστορία της αστρονομίας, της χημείας και της φυσικής, από τους αρχαιότερους χρόνους έως σήμερα, μέσα από την εξέλιξη των επιστημονικών οργάνων.

Discover Science Almanac, των Bryan Bunch και Jenny Tesar (Hyperion, 2003)

Μια πλουσιότερη παράθεση γεγονότων και εικόνων για κάθε επιστημονικό κλάδο.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΝΟΜΑΤΩΝ

- Αϊνστάιν, Άλμπερτ 20, 98, 104, 171, 214, 216, 229, 299, 300-302, 305-307, 313, 323, 325-327, 373, 381
- αλ-Μαμούν 59, 60
- αλ-Ρασίντ, Χαρούν 59
- Άλφερ, Ραλφ 340, 341, 373
- Αρένιους, Σβάντε Αουγκούστε 229, 230, 231, 377
- Αριαμπάτα 60
- Αρχιμήδης 33, 34, 35, 59, 76, 82, 380
- βαν Λέβενχουκ, Άντον 81, 97, 127-129, 374
- βαν Μούσενμπρουκ, Πιέτερ 141
- Βέγκενερ, Άλφρεντ 273, 274, 379
- Βόλτα, Αλεσάντρο 184-187, 203, 204, 380
- Γαληνός 94, 374
- Γαλιλαίος 35, 60, 82-86, 97, 101, 114, 123, 125, 132, 133, 136, 151, 155, 373, 380, 382
- Γιάνσεν, Ζαχαρίας 81, 382
- Γκαλβάνι, Λουίτζι 184
- Γκέμαου, Τζορτζ 313, 340, 341, 373
- Γκούντραϊκ, Τζον 171-173, 297
- Γουίλκινς, Μόρις 335-337, 339
- Γουότσον, Τζέιμς Ντιούι 334-337, 339, 375
- Γουτεμβέργιος, Ιωάννης 79, 80, 382
- Δαρβίνος, Έρασμος 240
- Δαρβίνος, Κάρολος 18, 98, 138, 163, 209, 214, 238-243, 245, 248, 256, 290, 316, 320, 321, 323, 344-346, 354, 358, 374
- Έιβερι, Όσβαλντ Τ. 322, 375
- Ερατοσθένης 50, 51, 53, 76, 115, 372
- Έρστεντ, Χανς Κρίστιαν 204, 205, 380
- Ζανγκ Χενγκ 54-56, 378, 382
- Θαλής 21, 22
- Τιπαρχος 40, 41, 46, 47, 49, 55, 291, 372
- Κάβεντις, Χένρι 143, 145, 156, 157, 158, 185, 376
- Κανιζάρο, Στανισλάβο 221
- Κάρπεντερ, Γ. Μπ. 258, 259
- Κασίνι, Τζοβάνι 115
- Κέπλερ, Γιόχαν 60, 89, 91, 92, 101, 136, 372
- Κιουρί, Πιερ και Μαρία 262, 263, 265, 324, 325, 332, 339, 377, 381
- Κίρχοφ, Γκούσταφ 198, 199,

200, 219, 377, 382
Κολόμβος, Χριστόφορος 53, 61
Κοπέρνικος, Νικόλαος 26, 35,
38, 61-64, 84-86, 91, 123,
296, 363, 372
Κρικ, Φράνσις 334-337, 339,
375

Λαβουαζιέ, Αντουάν Λοράν 95,
132, 143-149, 187, 225, 376,
378
Λάιελ, Τσαρλς 354, 378
Λεμέτρ, Ζορζ Εντουάρντ 312,
313, 339, 340
Λίβιτ, Χενριέτα 297-299, 308,
309, 373
Λιναίος 25, 160-165, 222, 374
Λίπερσει, Χανς 82, 85
Λισένκο, Τροφίμ 357, 358
Λόκιερ, Νόρμαν 200, 201
Λόουερ, Ρίτσαρντ 95

Μάιτνερ, Λίζε 324-326, 381
Μαλπίγκι, Μαρτσέλο 94, 127
Μάξγουελ, Τζέιμς Κλερκ 208,
214-218, 266, 381
Μαρά, Ζαν-Πολ 149
Μάσκελαϊν, Νέβιλ 151-155
Μέισον, Τσαρλς 154
Μέντελ, Γκρέγκορ 247-251,
316-318, 320, 321, 358, 374
Μεντελέγεφ, Ντιμίτρι 218, 221-
226, 270-272, 376, 377
Μίτσελ, Τζον 157-160
Μόζλι, Χάρι 270-272, 377

Μόρι, Μάθιου Φοντέιν 256, 257,
378
Μπανκς, σερ Τζόζεφ 169, 185
Μπεκερέλ, Αντουάν Ανρί 261,
262, 264, 265, 268
Μπερσέλιους, Γιενς Γιακομπ
192-195, 220, 376
Μπέσελ, Φρίντριχ Βίλχελμ 160,
293, 294, 373
Μπόιλ, Ρόμπερτ 132-135, 137,
142, 148, 376
Μπούνσεν, Ρόμπερτ 198, 199,
219, 377
Μπράχε, Τίχο 87, 106, 136, 372,
382
Μωάμεθ 57, 58

Νεύτωνας, Ισαάκ 27, 34, 60, 84,
92, 97-99, 100-111, 113, 115-
118, 124-127, 130, 131, 136,
143, 151, 153-155, 158, 159,
171, 173, 197, 208, 214, 225,
266, 294, 300, 301, 306, 307,
313, 373, 380
Νιούλαντς, Τζον 222, 223
Ντάλτον, Τζον 181-183, 193,
194, 219, 266, 376, 380
Ντέιβι, Χάμφρι 187, 201
Ντόπλερ, Κρίστιαν 295, 296

Όμηρος 23
Όουεν, Ρίτσαρντ 209, 210, 378
Ουάλας, Άλφρεντ Ράσελ 245, 246

Πάλεϊ, Ουίλιαμ 238, 239

Παλμέρι, Λουίτζι 277, 382
Παστέρ, Λουί 251-256, 374
Πικάρ, Ζαν 114-116
Πόγκσον, Νόρμαν 41
Πόλινγκ, Λάινους Κ. 331-336,
377
Πρίστλι, Τζόζεφ 144-147, 376
Πτολεμαίος 59, 62-64, 106, 372
Πυθαγόρας 22-24, 372
Πυθέας 26, 27

Ράδερφορντ, Έρνεστ 266-269,
271, 381
Ράσελ, Χένρι Νόρις 303, 314
Ρεγκιομοντάνους 35
Ρέμερ, Όλε 114-116
Ρέντγκεν, Βίλχελμ Κόνραντ
259-262, 381
Ρέτικους 64
Ρίχτερ, Τσαρλς Φ. 277, 278, 280,
376, 379

Σταλ, Ερνστ 139
Στράσμαν, Φριτς 324

Τζένερ, Έντουαρντ 169, 170, 171,
251, 255
Τίνταλ, Τζον 228, 229
Τόμπσον, Μπέντζαμιν 186, 258,
259, 329
Τόμσον, Ουίλιαμ (λόρδος Κέλβιν)
368

Τόμσον, Τζόζεφ Τζον 266-269,
381
Τσάντγουικ, Τζέιμς 269, 381

Φάραντεϊ, Μάικλ 171, 188, 201-
209, 215, 216, 225, 228, 272,
376, 377, 380
Φέρμι, Ενρίκο 324, 326, 329, 381
Φιμπονάτσι, Λεονάρντο 61
φον Φράουνχοφερ, Γιόζεφ 196-
199, 373, 382
Φουριέ, Ζαν-Μπατίστ Ζοζέφ
189-192, 229
Φραγκλίνος, Βενιαμίν 140-142,
144, 145, 378
Φράνκλαντ, Έντουαρντ 220, 376
Φράνκλιν, Ρόζαλιντ 336, 337, 339

Χάλεϊ, Έντμουρντ 97, 105-107,
293
Χαλντέιν, Τζ. Μπ. Σ. 164
Χαμπλ, Έντουιν 308-311, 313,
373
Χάμπντεν, Τζον 246
Χαν, Ότο 324, 325
Χάρβεϊ, Ουίλιαμ 92-95, 127, 374
Χάρισον, Τζον 151-153, 382
Χάτον, Τσαρλς 154, 155, 378
Χόιλ, Φρεντ 341
Χόιχενς, Κρίστιαν 97, 116,
124-127, 151, 380, 382
Χολμς, Άρθουρ 273