

# Ιστορία της Φυσικής και της Χημείας

## **Σημείωση**

*Το ΕΑΠ είναι υπεύθυνο για την επιμέλεια έκδοσης και την ανάπτυξη των κειμένων σύμφωνα με τη Μεθοδολογία της εξ Αποστάσεως Εκπαίδευσης. Για την επιστημονική αρτιότητα και πληρότητα των συγγραμμάτων την αποκλειστική ευθύνη φέρουν οι συγγραφείς, κριτικοί αναγνώστες και ακαδημαϊκοί υπεύθυνοι που ανέλαβαν το έργο αυτό.*





ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

*Πρόγραμμα Σπουδών*  
ΣΠΟΥΔΕΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

*Θεματική Ενότητα*  
Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΙΔΕΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

*Τόμος Α'*

# Ιστορία της Φυσικής και της Χημείας

**Κώστας Γαβρόγλου**

*Καθηγητής Ιστορίας των Επιστημών*  
*Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας των Επιστημών*  
*Πανεπιστήμιο Αθηνών*

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

---

*Πρόγραμμα Σπουδών*

ΣΠΟΥΔΕΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

*Θεματική Ενότητα*

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΙΔΕΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

*Τόμος Α'*

**Ιστορία της Φυσικής και της Χημείας**

*Συγγραφή*

ΚΩΣΤΑΣ ΓΑΒΡΟΓΛΟΥ

Καθηγητής Τμήματος Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας των Επιστημών  
Πανεπιστημίου Αθηνών

*Κριτική Ανάγνωση*

ΙΩΑΝΝΗΣ ΧΡΙΣΤΙΑΝΙΔΗΣ

Λέκτορας Τμήματος Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας των Επιστημών  
Πανεπιστημίου Αθηνών

*Ακαδημαϊκός Υπεύθυνος για την επιστημονική επιμέλεια του τόμου*

ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΖΔΕΤΣΗΣ

Καθηγητής Τμήματος Φυσικής Πανεπιστημίου Πατρών

*Επιμέλεια στη μέθοδο της εκπαίδευσης από απόσταση*

ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΑΡΘΕΝΙΟΣ

*Γλωσσική Επιμέλεια*

ΕΥΡΥΔΙΚΗ ΠΑΪΖΗ

*Τεχνική Επιμέλεια*

ΕΣΠΙ ΕΚΔΟΤΙΚΗ Ε.Π.Ε.

*Καλλιτεχνική Επιμέλεια, Σελιδοποίηση*

ΤΥΡΟΡΑΜΑ

*Συντονισμός ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού και γενική επιμέλεια των εκδόσεων*

ΟΜΑΔΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΟΥ ΕΑΠ / 1997–2003

---

ISBN: 960–538–118–4

Κωδικός Έκδοσης: ΦΥΕ 41/1

---

Copyright 2003 για την Ελλάδα και όλο τον κόσμο

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Οδός Παπαφλέσσα & Υψηλάντη, 26222 Πάτρα – Τηλ: (2610) 314094, 314206 Φαξ: (2610) 317244

Σύμφωνα με το Ν. 2121/1993, απαγορεύεται η συνολική ή αποσπασματική αναδημοσίευση του βιβλίου αυτού  
ή η αναπαραγωγή του με οποιοδήποτε μέσο χωρίς την άδεια του εκδότη.

## Περιεχόμενα

Πρόλογος .....	11
Τα περιεχόμενα .....	17
Ευχαριστίες .....	21

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

#### **Τι είναι η Ιστορία των Επιστημών: Μέθοδοι, Τεκμήρια, Επιχειρήματα, Ερμηνεία**

---

<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα αποτελέσματα, Έννοιες κλειδιά, Εισαγωγικές παρατηρήσεις</i> .....	23
1.1 Τι είναι η ιστορία των επιστημών; .....	25
1.2 Ο αναχρονισμός .....	25
1.3 Τοπικότητα, καθολικός λόγος και τα επιστημονικά εγχειρίδια .....	26
1.4 Τι κάνουν οι ιστορικοί της επιστήμης; .....	30
1.5 Τεκμήρια – Πηγές .....	33
1.6 Τα είδη .....	37
1.7 Αφήγηση – Ερμηνεία .....	38
1.8 Επιχειρήματα .....	41
1.9 Οι μύθοι .....	42
<i>Σύνοψη</i> .....	44
<i>Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης</i> .....	45
<i>Δραστηριότητες</i> .....	46

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

#### **Η Επιστημονική Επανάσταση**

---

<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα αποτελέσματα, Έννοιες κλειδιά, Εισαγωγικές παρατηρήσεις</i> .....	49
2.1 Η σημασία της Επιστημονικής Επανάστασης του 16ου και 17ου αιώνα ....	52
2.2 Η επιστημονική κοινότητα .....	56
2.3 Τα κοινωνικά και πολιτικά γεγονότα .....	60

2.4	Οι διαφορετικές ιστοριογραφικές προσεγγίσεις .....	63
2.5	Ένα ιδιόμορφο ιστορικό πρόβλημα: Το πρόβλημα της προτεραιότητας .....	65
2.6	Επιστημονικές διαμάχες .....	73
	<i>Σύνοψη</i> .....	75
	<i>Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης</i> .....	76
	<i>Δραστηριότητες</i> .....	78
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι</b>		
	Γράμμα του Γαλιλαίου στην κυρία Χριστίνα της Λοραίνης, Μεγάλη Δούκισσα της Τοσκάνης .....	80
	Η δικαιοδοσία σε θέματα θεολογίας και ποιος δικαιούται να έχει λόγο στη θεολογία .....	80
	Ο Γαλιλαίος Γαλιλέι προς την Αυτού Εξοχότητα, τη Μεγάλη Δούκισσα και Μητέρα .....	81
	<i>Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης</i> .....	96
	<i>Δραστηριότητες</i> .....	97
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ</b>		
	Η δίκη του Γαλιλαίου .....	98
	<i>Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης</i> .....	112
	<i>Δραστηριότητες</i> .....	114
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ</b>		
	Ένα συγκεκριμένο παράδειγμα: Η διαμάχη για τη vis-viva. ....	116
	<i>Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης</i> .....	121
	<i>Δραστηριότητες</i> .....	121

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

#### **Η Ιστορία των Ιδεών σχετικά με την κίνηση**

---

*Σκοπός, Προσδοκώμενα αποτελέσματα, Έννοιες κλειδιά,*

<i>Εισαγωγικές παρατηρήσεις</i> .....	123
Εισαγωγή .....	125
3.1 Οι πρώτες έννοιες για την κίνηση .....	126
3.1.1 Η έννοια της κίνησης στον Αριστοτέλη .....	131
3.2 Το πρόβλημα της κίνησης κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα .....	135
3.2.1 Το Ισλάμ: Διαφύλαξη της φιλοσοφικής κληρονομιάς της αρχαιότητας .....	137
3.2.2 Η μετάβαση στο δυτικό κόσμο .....	140
3.2.3 Η κίνηση στο κενό .....	141
3.2.4 Επιταχυνόμενη κίνηση στον ύστερο Μεσαίωνα .....	144
3.3 Επιστημονική Επανάσταση .....	146
3.3.1 Γαλιλαίος (1564–1642) .....	146
3.3.1.1 Το πρόβλημα της ελεύθερης πτώσης .....	149
3.3.1.2 Το πρόβλημα της αδράνειας .....	155
3.3.2 Descartes (1596–1650) .....	156
3.3.2.1 Ορισμός και χαρακτηριστικά της κίνησης .....	156
3.3.2.2 Οι αιτίες της κίνησης .....	157
3.3.3 Νεύτωνας (1642–1727) .....	159
3.3.4 <i>Philosophiae Naturalis Principia Mathematica</i> (Οι Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας) .....	162
<i>Σύνοψη</i> .....	166
<i>Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης</i> .....	167
<i>Δραστηριότητες</i> .....	168

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

#### **Από την Ιστορία της Αστρονομίας —Πτολεμαίος, Κοπέρνικος, Kepler**

<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα αποτελέσματα, Έννοιες κλειδιά,</i> <i>Εισαγωγικές παρατηρήσεις</i> .....	171
4.1 Κλαύδιος Πτολεμαίος .....	173

4.1.1 «Μεγίστη Μαθηματική Σύναξις» .....	174
4.2 Περιγραφή του πτολεμαϊκού πλανητικού συστήματος .....	176
4.2.1 Γενικό μοντέλο της κίνησης των πλανητών .....	176
4.2.2 Οι εξωτερικοί πλανήτες .....	178
4.2.3 Οι εσωτερικοί πλανήτες .....	179
4.3 Νικόλαος Κοπέρνικος .....	179
4.3.1 «Περί της Περιστροφής των Ουράνιων Σφαιρών» .....	182
4.3.2 Περιγραφή του κοπερνίκειου πλανητικού συστήματος .....	186
4.3.2.1 Η φαινόμενη ανωμαλία στην κίνηση των πλανητών λόγω της κίνησης της Γης .....	186
4.3.2.2 Γιατί οι προσιδιάζουσες κινήσεις των πλανητών εμφανίζονται ανώμαλες .....	190
4.3.2.3 Οι εξωτερικοί πλανήτες .....	193
4.3.2.4 Οι εσωτερικοί πλανήτες .....	194
4.4 Johannes Kepler .....	198
4.4.1 Σημαντικότερα αστρονομικά έργα .....	201
4.4.1.1 <i>Mysterium Cosmographicum</i> .....	201
4.4.1.2 <i>Astronomia Nova</i> .....	206
4.4.1.3 <i>Harmonice Mundi</i> .....	212
<i>Σύνοψη</i> .....	217
<i>Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης</i> .....	218
<i>Δραστηριότητες</i> .....	219

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Στοιχεία από την Ιστορία της Χημείας

<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα αποτελέσματα, Έννοιες κλειδιά, Εισαγωγικές παρατηρήσεις</i> .....	221
5.1 Ο 18ος αιώνας .....	223
5.2 Οι απαρχές της σύγχρονης χημείας και το πρόβλημα της καύσης .....	227



5.3	Η θεωρία του φλογιστού .....	230
5.4	Τι μετράει το θερμόμετρο; .....	234
	5.4.1 Η λανθάνουσα θερμότητα .....	236
5.5	Η μελέτη των αερίων .....	238
5.6	Η ανακάλυψη του οξυγόνου .....	239
5.7	Η ερμηνεία της καύσης από το Lavoisier .....	242
5.8	Η ατομική θεωρία του Dalton .....	251
5.9	Συμπεράσματα .....	258
	<i>Σύνοψη</i> .....	260
	<i>Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης</i> .....	261
	<i>Δραστηριότητες</i> .....	262
	<b>Βιβλιογραφία</b> .....	265
	Κεφάλαιο 1: <i>Τι είναι Ιστορία των Επιστημών</i> .....	265
	<i>Εισαγωγικά</i> .....	265
	<i>Προχωρημένα</i> .....	266
	<i>Εκδόσεις τεκμηρίων και πηγών</i> .....	266
	Κεφάλαιο 2: <i>Επιστημονική Επανάσταση</i> .....	267
	<i>Εισαγωγικά</i> .....	268
	<i>Προχωρημένα</i> .....	269
	<i>Ειδικές μελέτες</i> .....	269
	Κεφάλαιο 3: <i>Κίνηση</i> .....	273
	<i>Αρχαιότητα</i> .....	273
	<i>Μεσαίονας</i> .....	273
	<i>Επιστημονική Επανάσταση</i> .....	275
	Κεφάλαιο 4: <i>Αστρονομία</i> .....	275
	Κεφάλαιο 5: <i>Χημεία</i> .....	277



## Πρόλογος

Το βιβλίο αυτό γράφεται για τον κύκλο μαθημάτων της Φυσικής και Χημείας στο Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (Ε.Α.Π.), που λειτουργεί για πρώτη φορά στην Ελλάδα. Τα προγράμματα σπουδών, τα μαθήματα και τα συγγράμματα για το Ε.Α.Π. δεν μπορεί να είναι μία απομίμηση ούτε των αντίστοιχων μαθημάτων ούτε και των αντίστοιχων συγγραμμάτων των άλλων πανεπιστημίων. Το Ε.Α.Π. είναι εγγενώς διαφορετικό από τους άλλους θεσμούς μεταλυκειακής εκπαίδευσης και το ζητούμενο είναι να βρεθούν εκείνα τα στοιχεία που θα ενισχύσουν την αυτονομία του νέου θεσμού και δε θα τον κάνουν φτωχό συγγενή των πανεπιστημίων. Γι' αυτό και έχει σημασία να αποκτήσει το εκπαιδευτικό υλικό του Ε.Α.Π. αυτοτελώς μία αξιοπιστία μέσα από τη λειτουργία και την αποτελεσματικότητά του, ώστε βαθμιαία να υπονομευτεί και να καταστεί άνευ νοήματος η σύγκριση ανάμεσα στους διαφορετικούς τρόπους παροχής γνώσεων ανάμεσα στο Ε.Α.Π. και στα πανεπιστήμια, που μοιραία θα γίνεται στην αρχή της λειτουργίας του νέου θεσμού.

Ολοένα αυξανόμενος αριθμός πανεπιστημιακών στη χώρα μας, και παρά τις διαστρεβλώσεις που έχει επιφέρει το καθεστώς της δωρεάν διανομής ενός συγγράμματος ανά μάθημα, χρησιμοποιούν περισσότερα από ένα βιβλίο για το μάθημά τους και σιγά σιγά αρχίζει να ακυρώνεται στην πράξη το ένα και μοναδικό σύγγραμμα και να αντικαθίσταται με ένα σύνολο βιβλίων που απαρτίζουν και την ελάχιστη βιβλιογραφία για το γνωστικό αντικείμενο του συγκεκριμένου μαθήματος. Η έμφαση σε τέτοιου είδους μεθόδους δεν είναι μόνο για να εξασφαλιστεί ένας στοιχειώδης πλουραλισμός θεωρητικών προσεγγίσεων και μεθοδολογικών εργαλείων, αλλά και για να μπορέσουν οι διδασκόμενοι να μάθουν την τέχνη του διαβάζναι. Ο βιβλιοκεντρικός μας πολιτισμός απαιτεί όχι μόνο να διαβάζουμε πολύ αλλά να μάθουμε και πώς να διαβάζουμε —κάτι το οποίο όλοι θεωρούμε ως δεδομένο. Και ευτυχώς ή δυστυχώς συνταγές για το πώς θα μάθουμε να διαβάζουμε δεν υπάρχουν —εκτός από το ότι η επάρκεια στην τέχνη του διαβάζναι προϋποθέτει να διαβάζουμε πολύ.

Πριν αναφερθώ στο πώς σχεδιάστηκε το βιβλίο, θα ήθελα να τονίσω κάτι που θεωρώ ότι δεν έπρεπε να κάνω. Θεώρησα πως δεν είχε κανένα απολύτως νόημα να γραφτεί ένα συμβατικό βιβλίο εισαγωγής στην ιστορία της φυσικής και της χημείας, αφού το απλούστερο θα ήταν είτε να μεταφραστούν κεφάλαια από πολύ επιτυχημένα γι' αυτό το σκοπό βιβλία που υπάρχουν σε άλλες γλώσσες ή, πολύ απλούστερα, να προταθούν τα βιβλία που διδάσκουμε σε αντίστοιχα εισαγωγικά μαθήματα στο πανεπιστήμιο. Ο ρόλος όμως του συγγράμματος για την ιστορία της φυσικής και της χημείας του Ε.Α.Π. δεν μπορεί να είναι ίδιος με αυτόν που επιτελούν τα αντίστοιχα πανεπιστημιακά συγγράμματα, όπου οι διδάσκοντες έχουν διαφορετικού είδους επαφή

με τους διδασκόμενους. Ούτε και θα έπρεπε τα συγγράμματα του Ε.Α.Π. να εκφυλιστούν σε εξαντλητικούς καταλόγους βιβλιογραφίας. Αντιθέτως, ο εγγενής πειραματικός —και άρα πρωτοποριακός— χαρακτήρας του Ε.Α.Π. επιτρέπει και έναν αντίστοιχο πειραματισμό στη συγγραφή του συγγράμματος. Ας τονίσω όμως ότι η δυνατότητα πειραματισμού που μας παρέχει ο χαρακτήρας του Ε.Α.Π. δεν εγγυάται με κανέναν τρόπο και την επιτυχή έκβαση του πειραματισμού!

Πιστεύω πως η επιτυχία του νέου θεσμού αλλά και η δημιουργική φοίτηση των φοιτητών και φοιτητριών του Ε.Α.Π. θα εξαρτηθεί από το κατά πόσο θα γίνει δυνατή η μόνιμη και διαρκής εμπλοκή τους με τη βιβλιογραφία ενός μαθήματος. Ο σχεδιασμός του βιβλίου για την ιστορία της φυσικής και της χημείας προσπάθησε να εξυπηρετήσει, σχεδόν αποκλειστικά, αυτή την κατεύθυνση. Θεώρησα ως δεδομένο ότι το αντίστοιχο μάθημα θα δομηθεί γύρω από μία συγκεκριμένη βιβλιογραφία και πως οι φοιτητές και οι φοιτήτριες θα πρέπει να βοηθηθούν να αναπτύξουν έναν ιδιόμορφο διάλογο με τη βιβλιογραφία μέσω του συγγράμματος που γράφεται για τις ανάγκες ενός μαθήματος του Ε.Α.Π.. Αν το βιβλίο αυτό καταφέρει να χρησιμοποιηθεί και ως εργαλείο ανίχνευσης άλλων βιβλίων που απαρτίζουν τη βιβλιογραφία των συγκεκριμένων θεμάτων που θίγονται, θα έχει, πιστεύω, επιτελέσει έναν από τους κύριους στόχους του ως σύγγραμμα του Ε.Α.Π..

Η επιτυχής φοίτηση στο μάθημα της ιστορίας της φυσικής και της χημείας θα πρέπει να βασίζεται στο διάβασμα βιβλίων και άρθρων στα ελληνικά και σε άλλες γλώσσες, όπως και στην πρόσβαση στο διαδίκτυο. Είναι αδύνατο στις μέρες μας να αποκτήσει κανείς τις ελάχιστες γνώσεις αλλά κυρίως την αίσθηση της θεματογραφίας και των διαφορετικών προσεγγίσεων στα ερωτήματα που θέτει η ιστορία των επιστημών, διαβάζοντας ένα και μόνο βιβλίο, όσο καλό και περιεκτικό και αν είναι αυτό.

Θέλω να υπογραμμίσω πως τα παραπάνω γράφονται αποκλειστικά για την ιστορία των επιστημών, για την οποία έχω κάποια εποπτεία, και με κανέναν τρόπο δε θεωρώ ότι αντίστοιχες αρχές θα πρέπει να ισχύουν για τα υπόλοιπα μαθήματα. Ούτε όμως και πιστεύω πως η επιχειρηματολογία μου είναι τόσο προφανής, ώστε η όποια απόπειρα να γραφτεί ένα πιο συμβατικό βιβλίο θα ήταν από την αρχή καταδικασμένη σε αποτυχία. Θεωρώ όμως, γενικά, πως η επιτυχία στην καθιέρωση και ανάπτυξη των επιστημονικών κλάδων —και στη χώρα μας— εξαρτάται και από τη διερεύνηση πολλαπλών εκφραστικών προσεγγίσεων και το Ε.Α.Π. παρέχει μία τέτοια δυνατότητα για τον κλάδο της ιστορίας των επιστημών.

Για τις ανάγκες και κυρίως για τα ενδιαφέροντα των φοιτητών και φοιτητριών του Ε.Α.Π. έχει, πιστεύω, τεράστια σημασία να γίνει κατανοητή η «κουλτούρα» της ιστο-

ρίας της επιστήμης. Να αποκτηθεί δηλαδή η «αίσθηση» για το είδος των ερωτημάτων που τίθενται, για τον τρόπο που διερευνώνται οι απαντήσεις, για τις διαδικασίες διαμόρφωσης των επιχειρημάτων που στηρίζουν τις διαφορετικές απαντήσεις, για το τι συνιστά ερμηνεία και ποια είναι τα κριτήρια με τα οποία κρίνεται η εγκυρότητα της. Τα παραπάνω βέβαια δεν αποτελούν ιδιαίτερο χαρακτηριστικό μόνο της ιστορίας των επιστημών, αλλά ισχύουν και για πάρα πολλά άλλα γνωστικά αντικείμενα. Όταν αναφέρομαι όμως στην κουλτούρα της ιστορίας των επιστημών και την απόκτηση της ανάλογης αίσθησής της, αναφέρομαι στις παραπάνω διεργασίες σε συνδυασμό με το πρωτογενές υλικό και το οποίο σε αυτή τη φάση εμπλοκής σας με την ιστορία των επιστημών είναι ο αφηγηματικός ιστός των γεγονότων που θα αποτελέσει το σημείο αναφοράς για τις όποιες μελλοντικές επεξεργασίες. Η διαμόρφωση της αφήγησης είναι πάντοτε η αρχική και αναγκαία φάση για μια επιτυχημένη πρώτη επαφή που θα έχετε με την ιστορία των επιστημών. Όμως, ακόμη και μετά από μία πρόχειρη ματιά στο βιβλίο, θα διαπιστώσετε πως δεν είναι ένα βιβλίο που στόχος του είναι να σας παρουσιάσει αποκλειστικά αυτή την αφήγηση. Όπως γράφω και παραπάνω, υπάρχουν μεταφρασμένα στα ελληνικά ορισμένα εξαιρετικά βιβλία για αυτό το σκοπό και δε νομίζω ότι θα μπορούσα να γράψω κάτι καλύτερο. Πιστεύω ότι το βιβλίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα βιβλίο που θα σας βοηθήσει στο πώς θα πρέπει να διαβάσετε τα άλλα βιβλία ιστορίας της επιστήμης που αναφέρω παρακάτω ως αναγκαία συμπληρώματα. Το βιβλίο μπορεί να σας βοηθήσει να «τρυπώσετε» στα κείμενα των άλλων βιβλίων, ώστε να κατανοήσετε όχι μόνο τις αφηγήσεις αλλά τις ερμηνευτικές δεσμεύσεις πίσω από κάθε αφήγηση.

Γράφοντας κάποιος ένα βιβλίο —και όχι μόνο διδακτικό—, έχει πάντοτε στο νου του το αναγνωστικό του κοινό και μέσα σε αυτό ξεχωρίζει τους αναγνώστες και αναγνώστριες με τους οποίους θεωρεί πως μπορεί να αποκτήσει μία προνομιακή σχέση. Συχνά αυτό είναι ένα διανοητικό κατασκεύασμα και η πραγματικότητα, και ως προς αυτό, κρύβει πολλές εκπλήξεις για τους συγγραφείς. Είναι όμως αδύνατο να γραφτεί ένα διδακτικό σύγγραμμα χωρίς ο συγγραφέας να έχει διαμορφώσει μία έστω αμυδρή εικόνα για τα χαρακτηριστικά των αναγνωστών. Γράφοντας το βιβλίο ξεχώρισα και επικεντρώθηκα σε ένα και μόνο χαρακτηριστικό που πιστεύω ότι θα έχουν —ή θα ήθελα να έχουν— τα άτομα που θα επιλέξουν να φοιτήσουν στο Ε.Α.Π.: ότι θα τους είναι ευχάριστο το διάβασμα, ότι θα επιδιώκουν να διαβάζουν και, μετά από κάποιο διάστημα, να ξαναδιαβάζουν ορισμένα από αυτά που είχαν ήδη διαβάσει, και για να τα καταφέρουν όλα αυτά θα οργανώσουν τη ζωή τους έτσι ώστε να υπάρχει ο λίγος, αλλά αφιερωμένος αποκλειστικά στο διάβασμα, χρόνος. Αν δεν έχω πέσει έξω στη διαπίστωσή μου αυτή, ένα τέτοιο χαρακτηριστικό θα αποτελεί ένα από τα πιο πολύτιμα στοι-

χεία του νέου θεσμού του Ε.Α.Π.. Αν έχω πέσει έξω, τότε σχεδόν όλα που γράφονται στο βιβλίο μαζί και με τη συγκεκριμένη προσέγγιση «θα πάνε στο βρόντο.»

Οι ιδέες που διαμορφώθηκαν στη διάρκεια του 16ου αλλά κυρίως του 17ου αιώνα οδήγησαν σε έναν τρόπο σκέψης για την κατανόηση των φυσικών φαινομένων εντελώς διαφορετικό από αυτόν που χρησιμοποιούσαν οι άνθρωποι μέχρι εκείνη την εποχή. Οι νέες ιδέες και ο τρόπος σκέψης συγκρότησαν αυτό που ονομάζουμε *σύγχρονη επιστήμη*. Περισσότερο από κάθε άλλο πλέγμα γεγονότων, η *Επιστημονική Επανάσταση*, όπως έγινε γνωστή εκείνη η περίοδος, σήμανε το τέλος της σχολαστικής παράδοσης του Μεσαίωνα, αλλά ταυτοχρόνως και την αρχή των διεργασιών του Διαφωτισμού, που αποτελεί την κατεξοχήν περίοδο που έχει ως σημείο αναφοράς η *σύγχρονη Δυτική* —και όχι μόνο— Ευρώπη. Στο βιβλίο αυτό πολλά από τα σχόλιά μας έχουν αφετηρία τα τεκταινόμενα σε εκείνη την περίοδο και τα δύο από τα τρία κεφάλαια με ειδικά θέματα —της ιστορίας της κίνησης και της αστρονομίας— επικεντρώνονται σχεδόν αποκλειστικά στην ίδια περίοδο.

Το βιβλίο αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Τα δύο πρώτα κεφάλαια πραγματεύονται διάφορα γενικότερα προβλήματα στην ιστορία των επιστημών και ο τρόπος συζήτησής τους είναι τέτοιος ώστε να μπορούν να τα διαβάσουν και να τα παρακολουθήσουν άτομα που δεν έχουν συστηματικές σπουδές στη φυσική ή τη χημεία. Τα τρία τελευταία κεφάλαια όμως θα διαβαστούν πιο εύκολα από τους φοιτητές και τις φοιτήτριες που θα επιλέξουν να σπουδάσουν φυσική ή χημεία. Η ουσιαστική κατανόησή τους δεν προϋποθέτει τόσο πολύ να γνωρίζουν μαθηματικές τεχνικές και θεωρίες της φυσικής και της χημείας, όσο να έχουν μία σχετική άνεση με τη γλώσσα των επιστημών. Ενδεχομένως πολλοί από τους φοιτητές και τις φοιτήτριες της φυσικής και της χημείας να ήθελαν ένα βιβλίο που θα συζητούσε πιο «σύγχρονα» θέματα: την ιστορία της θερμοδυναμικής, την ιστορία του ηλεκτρισμού, την ιστορία της οργανικής χημείας και, βέβαια, ιστορικά προβλήματα που σχετίζονται με τις θεωρίες της σχετικότητας όπως και της κβαντικής μηχανικής. Επιμένω πως για ένα εισαγωγικό βιβλίο στην ιστορία της φυσικής και της χημείας, για ένα βιβλίο που προσπαθεί να συζητήσει τα χαρακτηριστικά των *ιστορικών* προβλημάτων στην ιστορία των επιστημών, για ένα βιβλίο που στοχεύει να δείξει και πώς γράφεται η ιστορία των επιστημών, η περίοδος από τις αρχές του 16ου αιώνα μέχρι το τέλος του 18ου αιώνα αποτελεί την πιο πρόσφορη περίοδο για να αναδειχθούν οι παραπάνω στόχοι.

Και μία τελευταία διευκρίνηση. Ορισμένα άτομα είναι ακόμη προσκολλημένα σε έναν ξεπερασμένο προβληματισμό. Κάποιοι πιστεύουν πως η ιστορία των επιστημών είναι ουσιαστικά η ιστορία των επιστημονικών ιδεών, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη καθόλου οι κοινωνικές και πολιτικές δραστηριότητες των επιστημόνων που

είναι οι φορείς αυτών των ιδεών. Κάποιοι άλλοι πιστεύουν πως η ιστορία των επιστημών είναι η κοινωνική της ιστορία και ουσιαστικά είμαστε υποχρεωμένοι να μιλάμε όχι τόσο πολύ για την ιστορία των επιστημών, αλλά για την κοινωνιολογία των επιστημών. Αυτοί οι απόλυτοι διαχωρισμοί είναι ιδεολογικά φορτισμένοι και επιστημονικά αδιέξοδοι. Η ιστορία των επιστημών έχει όλες αυτές τις διαστάσεις και πρέπει κανείς να μη δεσμεύεται εκ των προτέρων σε σχήματα μέσα από τα οποία θα πρέπει να μελετηθούν τα διάφορα θέματα στην ιστορία των επιστημών. Το επιστημονικό φαινόμενο είναι αποτέλεσμα διανοητικών διεργασιών και κοινωνικών δραστηριοτήτων, *τα δύο είναι ενιαία* και η έμφαση στο ένα γίνεται πολλές φορές για να γίνει βαθύτερα κατανοητό το άλλο. Βέβαια, σ' ένα εισαγωγικό βιβλίο έχει πολύ μεγάλη σημασία να υπογραμμίζεται το γνωσιακό περιεχόμενο της επιστήμης και αυτό κυρίως προσπάθησα να κάνω εδώ.

Ο καλύτερος τρόπος για να αξιοποιηθεί το παρόν βιβλίο θα ήταν να διαβαστούν πρώτα ορισμένα από τα εισαγωγικά βιβλία, μετά να διαβαστεί το βιβλίο, μετά να διαβαστούν ορισμένα πιο προχωρημένα βιβλία και στη συνέχεια, ανάλογα με τις διαθέσεις και προτιμήσεις, κάθε άτομο θα μπορεί να διερευνήσει ειδικότερα θέματα.

Τα πρώτα και εισαγωγικά βιβλία είναι τα εξής:

1. Θ. Αραμπατζής, Κ. Γαβρόγλου, Δ. Διαλέτης, Γ. Χριστιανίδης, Ν. Κανδεράκης, Σ. Βερνίκος: *Ιστορία των Επιστημών και της Τεχνολογίας. Στοιχεία από την ιστορία των Μαθηματικών, της Αστρονομίας, της Χημείας και της Τεχνολογίας*. Οργανισμός Εκδόσεως Σχολικών Βιβλίων, 1999.
2. Bernal John D.: *Η επιστήμη στην ιστορία*, 3 τόμοι. Αθήνα, «Ι. Ζαχαρόπουλος», 1982–1983.
3. Butterfield Herbert: *Η καταγωγή της σύγχρονης επιστήμης, 1300–1800*. Αθήνα, Μ.Ι.Ε.Τ. 1983.
4. Crombie Alistair: *Από τον Αυγουστίνο στον Γαλιλαίο*, 2 τόμοι. Αθήνα, Μ.Ι.Ε.Τ., 1989–1992.
5. Drake Stillman: *Γαλιλαίος*. Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1993.

Το παρόν βιβλίο

Τα πιο προχωρημένα βιβλία είναι τα εξής:

1. Debus A.G.: *Άνθρωπος και φύση στην Αναγέννηση*. Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
2. Grant Edward: *Οι φυσικές επιστήμες τον Μεσαίωνα*. Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές

Εκδόσεις Κρήτης, 1994.

3. Westfall R.S.: *Η συγκρότηση της σύγχρονης επιστήμης*. Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1993.
4. Hankins T.L.: *Επιστήμη και Διαφωτισμός*. Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1993.

Ιδιαίτερα χρήσιμα είναι επίσης και τα βιβλία:

1. Δ. Αναπολιάνος, Θ. Αραμπατζής, Β. Καρακώστας, Β. Κιντή *Εισαγωγή στην Φιλοσοφία της Επιστήμης*, Εκδόσεις Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2000.
2. Chalmers, Alan F.: *Τι είναι αυτό που το λέμε επιστήμη;* Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1996.



## Τα περιεχόμενα

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί μία εισαγωγή για το χαρακτήρα του κλάδου της ιστορίας των επιστημών και τις μεθόδους με τις οποίες μελετάμε την ιστορία της φυσικής και της χημείας. Συζητάμε την εγγενή δυσκολία που υπάρχει στο να συμπεριλάβουμε την ιστορία στα βιβλία φυσικής ή χημείας, όπως και τη σημασία των λάθος θεωριών του παρελθόντος. Η διατύπωση ερωτημάτων και οι προσπάθειες να βρεθούν απαντήσεις αποτελούν τη σημαντικότερη δραστηριότητα των ιστορικών της επιστήμης και προχωράμε στη συστηματική διατύπωση διάφορων ερωτημάτων για την Αρχαιότητα, το Μεσαίωνα, την περίοδο της Επιστημονικής Επανάστασης του 16ου και 17ου αιώνα, το Διαφωτισμό, το 19ο αιώνα και, τέλος, τον 20ο αιώνα. Αναφερόμαστε στα είδη των τεκμηρίων και των πηγών που χρησιμοποιούν οι ιστορικοί και υπογραμμίζουμε το ρόλο των επιχειρημάτων και όχι μόνο των τεκμηρίων στη στοιχειοθέτηση των απαντήσεων που συχνά οδηγούν σε διαφορετικές ερμηνείες.

Το δεύτερο κεφάλαιο αρχίζει με τη συζήτηση για τη σημασία που έχει η περίοδος της Επιστημονικής Επανάστασης στην ιστορία των επιστημών. Εντοπίζονται οι διαφοροποιήσεις από τους παλαιότερους τρόπους προσέγγισης της φύσης και δίνεται έμφαση στη διατύπωση των νόμων της φύσης με τη γλώσσα των μαθηματικών, στη διαδικασία των πειραμάτων και στα ηθικά διλήμματα των λογίων της εποχής. Συζητάμε στη συνέχεια τη διαμόρφωση της επιστημονικής κοινότητας και τους τρόπους κατανόησης του νέου χαρακτηριστικού λόγου αυτής της κοινότητας. Οι νέες ιστοριογραφικές προσεγγίσεις δεν αρκούνται μόνο στην ανάδειξη της λογικής συνοχής των νέων θεωριών ούτε και στο κατά πόσο είναι πειστικά τα πειραματικά αποτελέσματα για την καθιέρωση των νέων θεωριών. Διερευνούν τη στρατηγική των λογίων για τη νομιμοποίηση των νέων θεωριών. Αναλύουν τη συνειδητή διαπραγμάτευση που διεξάγουν οι λόγιοι με μέλη άλλων κοινοτήτων ή με εκπροσώπους κοινωνικών θεσμών για να καθιερώσουν τη δική τους κοινωνική υπόσταση, το νέο επιστημονικό λόγο και τους νέους θεσμούς μέσα από τους οποίους εκφράζονται ιδεολογικά και κοινωνικά. Δύο άλλα θέματα που συζητάμε είναι τα προβλήματα σχετικά με την προτεραιότητα στη διατύπωση των θεωριών και την εφεύρεση των οργάνων και τα θέματα που σχετίζονται με τις επιστημονικές διαμάχες. Γίνεται επίσης μία πολύ σύντομη ανασκόπηση των σημαντικών κοινωνικών και πολιτικών γεγονότων του 16ου και του 17ου αιώνα (η μεταρρύθμιση, η αντι-μεταρρύθμιση, ο τριακονταετής πόλεμος, οι βίαιες θρησκευτικές συγκρούσεις στη Γαλλία, ο εμφύλιος πόλεμος στην Αγγλία) και τα οποία αποτέλεσαν τις δραματικές αιχμές του κοινωνικού και πολιτικού περιγυρου της περιόδου της Επιστημονικής Επανάστασης. Τα γεγονότα αυτά άλλαξαν ριζικά την Ευρώπη και, προφανώς, δεν άφησαν ανεπηρέαστες τις πολύπλευρες πτυ-

χές του επιστημονικού εγχειρήματος. Αναλύεται π.χ. η σχέση ανάμεσα στα στοιχεία που απαρτίζουν τη μεταρρύθμιση και τα αντίστοιχα του κοπερνίκειου εγχειρήματος. Εντοπίζονται, τέλος, τα χαρακτηριστικά των διαφορετικών ιστοριογραφικών προσεγγίσεων. Στα παραρτήματα συμπεριλαμβάνεται σχεδόν το σύνολο της επιστολής του Γαλιλαίου στη Δούκισσα Χριστίνα (ώστε να έχετε την ευκαιρία να έρθετε σε επαφή με ένα κλασικό κείμενο της εποχής), γίνεται συζήτηση για τη δίκη του Γαλιλαίου (όπου παρακολουθούμε κάποιες από τις απαραίτητες λεπτομέρειες αυτού του επεισοδίου που μας βοηθούν να κατανοήσουμε καλύτερα αυτή τη σύγκρουση) και περιγράφεται η διαμάχη για τη *vis-viva* στις αρχές του 18ου αιώνα, όπου ακόμη δεν έχουν εγκαταλειφτεί όλες οι παραδοχές του παρελθόντος.

Το βιβλίο στη συνέχεια περιλαμβάνει τη συζήτηση τριών ειδικών θεμάτων: Θέματα από την ιστορία της κίνησης, της αστρονομίας και της χημείας. Ο λόγος που επιλέξαμε την κίνηση και την αστρονομία είναι επειδή αποτελούν δύο από τα πιο σημαντικά κεφάλαια στην ιστορία της φυσικής. Στο 16ο και 17ο αιώνα πραγματοποιήθηκε μία ριζική μεταστροφή στην πραγμάτευση των φαινομένων σχετικά με την κίνηση και την αστρονομία. Τα φαινόμενα αυτά είχαν παρατηρηθεί και συζητηθεί πριν από πολλούς αιώνες και η μεταστροφή στην πραγμάτευσή τους δεν ήταν αποτέλεσμα νέων πειραματικών δεδομένων. Σε αντίθεση με τα φαινόμενα της κίνησης και της αστρονομίας, η χημική επανάσταση του 18ου αιώνα εξαρτήθηκε πλήρως από την επινόηση νέων πειραμάτων, την ανακάλυψη νέων φαινομένων, τη συνειδητοποίηση κανονικότητας μέσα από εμπειρικές παρατηρήσεις και τη δημιουργία ερμηνευτικών σχημάτων που —τουλάχιστον στη χημεία— δεν είχαν τη μαθηματική αυστηρότητα των αντίστοιχων σχημάτων στην κίνηση και στην αστρονομία.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η εξέλιξη των ιδεών γύρω από το πρόβλημα της κίνησης από την αρχαιότητα έως τα τέλη του 17ου αιώνα. Αρχίζοντας από μια σύντομη αναφορά στα πρώτα φιλοσοφικά ρεύματα της αρχαιότητας, συνεχίζουμε με τη συζήτηση της θεωρίας του Αριστοτέλη, η οποία μέσα από διάφορες ερμηνευτικές προσεγγίσεις άσκησε ισχυρή επιρροή μέχρι τις αρχές του 17ου αιώνα. Στην ενότητα του Μεσαίωνα δίνουμε έμφαση στο έργο των Αράβων λογίων αλλά και ορισμένων λογίων της λατινικής Ευρώπης. Στην περίοδο της Επιστημονικής Επανάστασης, μέσα κυρίως από το έργο του Γαλιλαίου, του Descartes και του Νεύτωνα, τονίζουμε τη ριζική μεταμόρφωση των εννοιών για την κίνηση σε σχέση με αυτές της αρχαιότητας. Δίνεται έμφαση στην κατανόηση της εσωτερικής συνέπειας της κάθε θεωρίας στην κάθε περίοδο και παρουσιάζεται η μαθηματική απόδειξη του νόμου της ελεύθερης πτώσης με την ίδια μέθοδο που χρησιμοποίησε ο Γαλιλαίος.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται διάφορα θέματα από την ιστορία της αστρο-

νομίας, επιλέγοντας ειδικότερα τις προσεγγίσεις του Πτολεμαίου, του Κοπέρνικου και του Kepler. Για πρώτη φορά σε διδακτικό βιβλίο συμπεριλαμβάνονται τόσο αναλυτικοί υπολογισμοί που βασίζονται στα διαφορετικά μοντέλα του κάθε αστρονόμου.

Το πέμπτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στην ιστορία της χημείας. Η ενασχόληση με τα φαινόμενα θερμότητας μετά την εφεύρεση του θερμομέτρου, αλλά και τα πειράματα με την οξείδωση των μετάλλων οδήγησαν στη θεωρία του φλογιστού. Η καύση ήταν αποτέλεσμα του φλογιστού –αυτού του αβαρούς ρευστού—που μετέφερε μόνο θερμότητα και τίποτα άλλο. Το ερμηνευτικό αυτό σχήμα άντεξε για πολλές δεκαετίες, στη διάρκεια του οποίου ανακαλύφτηκε η ύπαρξη αερίων σε στερεά σώματα, η ιδιότητα της θερμοχωρητικότητας των σωμάτων αλλά και το ότι η ατμόσφαιρα αποτελείται από πολλά είδη αερίων. Τα πειράματα, κυρίως του Lavoisier, άρχισαν να πείθουν ότι η καύση επιτελείται με την απορρόφηση του οξυγόνου και όχι με την απώλεια του φλογιστού, και σε συνδυασμό με τις πολύ προσεκτικές μετρήσεις του, κατάφερε να εγκαινιάσει το νέο τρόπο κατανόησης των φαινομένων της χημείας. Εκθέτουμε τις συνειδητές προσπάθειες του Lavoisier και των πρώτων υποστηρικτών της νέας χημείας για να προπαγανδίσουν τις νέες ιδέες. Τέλος, αναφερόμαστε στους διάφορους εμπειρικούς κανόνες και στην ατομική υπόθεση με τη χρήση της οποίας έγινε δυνατή η ερμηνεία τους.



## Ευχαριστίες

Πολλά άτομα με βοήθησαν στη διάρκεια συγγραφής του βιβλίου. Τα σχόλια του κ. Α. Ζδέτση, που ήταν και ο ακαδημαϊκός υπεύθυνος εκ μέρους του Ε.Α.Π., μου ήταν ιδιαίτερα χρήσιμα. Αλλά και οι συνεργασίες μου με τα μέλη του Ε.Α.Π., και ειδικότερα με τον Πρόεδρο κ. Α. Λυκουργιώτη, τον κ. Σπύρο Αμούργη, τον κ. Α. Λιοναράκη και την κ. Ε. Λυμπεροπούλου, ήταν πάντοτε εποικοδομητικές. Ευχαριστώ επίσης τον τεχνικό επιμελητή κ. Σ. Περσίδα και τη φιλόλογο, κ. Ε. Παΐζη, για τις παρατηρήσεις τους.

Οι συζητήσεις, όπως και οι κοινές συγγραφικές δραστηριότητες με τους κ. Θ. Αραμπατζή, Δ. Διαλέτη, Μ. Πατηνιώτη και Γ. Χριστιανίδη με οδήγησαν στην επανεκτίμηση ως προς την πραγμάτευση πολλών θεμάτων αλλά και στη βαθύτερη κατανόηση διάφορων προβλημάτων στην ιστορία των επιστημών. Η εν πολλοίς κοινή προβληματική που έχουμε οικοδομήσει, αλλά και οι διαφορετικές ερευνητικές δραστηριότητες του καθένα, έχουν δημιουργήσει ένα χώρο συζήτησης και κριτικής με πολλαπλά ευεργετικές διαστάσεις. Ωφελήθηκα τα μέγιστα από τις πάντοτε εύστοχες παρατηρήσεις και την ακαδημαϊκά αυστηρή κρίση του κ. Γ. Χριστιανίδη, που ήταν ο κριτικός αναγνώστης του βιβλίου.

Είχα επίσης τη δυνατότητα να συνεργαστώ με ορισμένους φοιτητές και φοιτήτριες. Χωρίς τις δικές τους πολύπλευρες συμβολές και συμβουλές, σίγουρα το βιβλίο θα είχε περισσότερες ελλείψεις και περισσότερα δυσνόητα τμήματα. Ήμουν εξαιρετικά τυχερός να έχω συνεργαστεί με άτομα εντυπωσιακής συνέπειας και σχεδόν εκνευριστικής τελειομανίας! Η ανάπτυξη των ειδικών θεμάτων γύρω από την ιστορία της κίνησης είναι αποτέλεσμα επεξεργασιών που έκαναν η κ. Φ. Παπανελοπούλου και η κ. Α. Τσιγωνάκη. Στον κ. Δ. Πρέντζα οφείλω την ανάπτυξη των θεμάτων σχετικά με την ιστορία της αστρονομίας και τον ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθεια του στην εικονογράφηση του βιβλίου. Για πολλά τμήματα των παραρτημάτων βασίστηκα σε σημειώματα του κ. Μ. Πατινιώτη, του κ. Σ. Μιχαλόπουλου και του κ. Δ. Νίκα. Η κ. Α. Σπανάκη, η κ. Β. Τραμπούλη και η κ. Σ. Μαστοράκου εργάστηκαν στα θέματα σχετικά με την αστρονομία από την αρχαιότητα μέχρι τον Πτολεμαίο, αλλά λόγοι που σχετίζονται με το μέγεθος του βιβλίου, και κυρίως με τη συστηματικότερη πραγμάτευση αυτών των θεμάτων στο βιβλίο του Ε.Α.Π. για την ιστορία της ελληνικής επιστήμης, με απέτρεψαν από το να τα συμπεριλάβω. Ευχαριστώ επίσης τον κ. Σ. Βέλτσο, τον κ. Γ. Κουρουπό και την κ. Μ.-Χ. Χατζηγιωάννου για τα σχόλιά τους.



## Τι είναι η Ιστορία των Επιστημών: Μέθοδοι, Τεκμήρια, Επιχειρήματα, Ερμηνεία

### Σκοπός

Γίνεται αναλυτική αναφορά στα χαρακτηριστικά του κλάδου της ιστορίας των επιστημών, ώστε να γίνει κατανοητός ο πρώτος στόχος του κεφαλαίου: η διατύπωση των πολλαπλών ερωτημάτων, στα οποία οι απαντήσεις αναδεικνύουν την ιστορική διάσταση των επιστημών. Ο δεύτερος στόχος του συγκεκριμένου κεφαλαίου είναι να διατυπώσει τους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους γίνεται η ανάγνωση των κειμένων της ιστορίας των επιστημών. Ο τρίτος στόχος είναι να αναδείξει μία ομοιότητα ανάμεσα στις επιστήμες και στην ιστορία τους: ότι και οι δύο δραστηριότητες επικεντρώνονται στην επίλυση προβλημάτων, όπου η διαδικασία διατύπωσής τους δεν είναι λιγότερο σημαντική από τη διαδικασία επίλυσής τους.

### Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Η μελέτη του συγκεκριμένου κεφαλαίου θα σας δώσει τη δυνατότητα να είστε σε θέση να:

- έχετε μία πληρέστερη άποψη για το τι είναι η ιστορία των επιστημών, και ειδικότερα της φυσικής και της χημείας, και να μη θεωρείτε πως η απλή αφήγηση των γεγονότων του παρελθόντος μιας επιστήμης αποτελεί και την ιστορία της συγκεκριμένης επιστήμης,
- κατανοήσετε τη διαφορά ανάμεσα στην αφήγηση και στην ερμηνεία των φαινομένων του παρελθόντος και να καταλάβετε πώς διαφορετικοί ιστορικοί εξετάζοντας τα ίδια στοιχεία είναι δυνατό να οδηγηθούν σε διαφορετικές ερμηνείες καθώς και να εκτιμήσετε τη σημασία των επιχειρημάτων και όχι μόνο των στοιχείων,
- επικεντρώσετε την προσοχή σας στην αλληλοσυσχέτιση των γεγονότων και όχι στην αναζήτηση αποκλειστικά αιτιακών σχέσεων ανάμεσα στα γεγονότα,
- εκτιμήσετε τη μεγάλη σημασία που έχει η διατύπωση ερωτημάτων και η συνοχή αυτών των διατυπώσεων,
- μάθετε από πού οι ιστορικοί της επιστήμης αντλούν τις πληροφορίες που χρειάζονται για να μελετήσουν τα θέματα που τους ενδιαφέρουν,
- αποφύγετε να κρίνετε το παρελθόν με τις γνώσεις που έχετε για τον κόσμο σήμερα και να πεισθείτε πως και οι λάθος θεωρίες είναι τόσο σημαντικές στην ιστορία της επιστήμης όσο και οι σωστές,
- συνειδητοποιήσετε πως πολλά από τα θέματα που νομίζει κανείς ότι έχουν «κλεί-

σει» μπορούν να ξανασυζητηθούν και να αναδειχτούν νέες τους πλευρές,

- εντοπίσετε πολλές περιπτώσεις όπου ο κοινωνικός περίγυρος (μαζί και η θρησκεία) έπαιξε σημαντικό ρόλο (όχι αναγκαστικά διευκολύνοντας) στη διαμόρφωση των επιστημονικών θεωριών.

### Έννοιες κλειδιά

- αφήγηση–ερμηνεία
- ερωτήματα
- αλληλοσυσχετισμός
- αρχεία
- ιστοριογραφία

### Εισαγωγικές παρατηρήσεις

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται διάφορες λεπτομέρειες του κλάδου της ιστορίας των επιστημών και παρουσιάζονται οι βασικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σε αυτό τον κλάδο. Τα περιεχόμενα του κεφαλαίου είναι σχόλια για το τι είναι η ιστορία των επιστημών, για το πρόβλημα του αναχρονισμού, για την αδυναμία να παρουσιάζεται η ιστορία των επιστημών μέσα από τα επιστημονικά βιβλία, για τη μέθοδο με την οποία θέτουμε ερωτήματα, για τα είδη των τεκμηρίων και των πηγών και για τη διαφορά ανάμεσα στην αφήγηση και την ερμηνεία. Στις υποενότητες συζητούνται οι τρόποι που τίθενται τα ερωτήματα, τα τεκμήρια και οι πηγές που χρησιμοποιούνται για να απαντηθούν τα ερωτήματα, η επιχειρηματολογία που οικοδομείται και η οποία οδηγεί σε διαφορετικές ερμηνείες για το παρελθόν. Η πιθανή δυσκολία που θα συναντήσετε ενδεχομένως να έχει σχέση με το γεγονός ότι έχετε συνηθίσει να διαβάζετε την ιστορία αποκλειστικά ως μία αφήγηση και να μην έχετε συνειδητοποιήσει ότι σχεδόν πάντοτε η αφήγηση αποτελεί απάντηση σε ερωτήματα, τα οποία ορισμένες φορές είναι διατυπωμένα με ένα σαφή τρόπο και άλλες φορές δεν είναι καν διατυπωμένα. Μία άλλη πιθανή πηγή δυσκολίας είναι η συνήθεια ορισμένων επιστημόνων να κρίνουν το παρελθόν με τα σημερινά κριτήρια και άρα να αναζητούν μόνο τις «σωστές» πλευρές των θεωριών που επιβίωσαν μέχρι τις μέρες μας.



### 1.1 Τι είναι η ιστορία των επιστημών;

Η ιστορία της φυσικής, της αστρονομίας και της χημείας (αλλά και της γεωλογίας) διερευνά τις προσπάθειες των ανθρώπων να κατανοήσουν τη μη έμβια φύση που τους περιβάλλει, μελετάει τις προσπάθειες των ανθρώπων να κατανοήσουν τη συμπεριφορά των φυσικών αντικειμένων και ουσιών κάτω από διαφορετικές συνθήκες και τις αλλαγές που αυτά υφίστανται και αναλύει τις μεθόδους και τους θεσμούς που δημιουργούν οι άνθρωποι για να μεταδώσουν αυτά που κατανόησαν, και πολλές φορές τον τρόπο με τον οποίο τα κατανόησαν, στους συνανθρώπους τους. Ας υπογραμμίσουμε πως η μελέτη της ιστορίας των επιστημών δεν έχει στόχο να μας διδάξει ποια λάθη πρέπει να αποφεύγουμε στο μέλλον ούτε και ασχολείται με το κατά πόσο αληθείς ήταν οι διάφορες προτάσεις που είχαν κατά καιρούς εκφραστεί σχετικά με τη φύση. Το θέμα αυτό, της αλήθειας των προτεινόμενων θεωριών, αποτελεί ένα από το πιο πολυσυζητημένα προβλήματα και για το οποίο έχουν υπάρξει ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες επεξεργασίες στη φιλοσοφία των επιστημών. Ας δεχτούμε — χωρίς επιχειρήματα— ότι υπάρχει η φύση ως μία αντικειμενική πραγματικότητα έξω από εμάς και ότι υπάρχουν διαδικασίες που πιστοποιούν τη μη σχετική αλήθεια διάφορων προτάσεων και θεωριών. Π.χ. η θεωρία πως γύρω από τον Ήλιο περιστρέφονται οι πλανήτες σε ελλειπτικές τροχιές είναι αληθής και η αλήθεια αυτή είναι ανεξάρτητη από πολιτισμικές προϋποθέσεις, κοινωνικές συνιστώσες και ιδεολογικές προσλαμβάνουσες. Με δεδομένα όμως όλα αυτά, τα ενδιαφέροντα προβλήματα για τον ιστορικό αρχίζουν μετά. Η ιστορία της επιστήμης ενδιαφέρεται για το πώς και γιατί μια θεωρία όπως ο ηλιοκεντρισμός —που με τα σημερινά μας κριτήρια ήταν «σωστή»— έκανε 150 χρόνια να καθιερωθεί στην Ευρώπη. Και πώς μια θεωρία, όπως αυτή του Πτολεμαίου —που με τα σημερινά μας κριτήρια ήταν «λάθος»— κυριάρχησε για 1500 χρόνια και συνέχιζε να ασκεί γοητεία και επιρροή ακόμη και έναν αιώνα μετά την πρόταση του ηλιοκεντρισμού από τον Κοπέρνικο το 1543.

### 1.2 Ο αναχρονισμός

Μα αυτό δεν είναι αναχρονισμός; Δεν είναι δηλαδή μία κρίση για το παρελθόν με βάση τις γνώσεις που έχουμε στο μεταξύ αποκτήσει και τα νέα κριτήρια και τις νέες αξίες που στο μεταξύ έχουμε υιοθετήσει; Δε θα πρέπει η προϋπόθεση για να μελετήσουμε και να κατανοήσουμε το παρελθόν να είναι η αποδέσμευσή μας από αυτά που στο μεταξύ έχουμε μάθει; Δε θα έπρεπε να ξεχάσουμε αυτά που γνωρίζουμε σήμερα, να γνωρίζουμε μόνο ότι γνώριζαν τα άτομα όταν πρωτοδιατυπώθηκε η ηλιοκεντρική θεωρία σαν προϋπόθεση να κατανοήσουμε πληρέστερα την εποχή που μελετάμε; Οι απαντήσεις σε όλα αυτά τα ερωτήματα είναι αρνητικές. Είναι, νομίζω,

αδύνατο να πείσω τον εαυτό μου ότι δε γνωρίζω περί ηλιοκεντρισμού σαν προϋπόθεση για να μελετήσω την ιστορία της κοσμολογίας το 15<sup>ο</sup> αιώνα, όταν ακόμη επικρατούσε η γεωκεντρική θεωρία. Το ερώτημα δεν είναι αν μπορώ να ξεχάσω το παρόν για να προσεγγίσω το παρελθόν. Το ερώτημα είναι πώς, γνωρίζοντας το παρόν και τις αλήθειες του, θα κατανοήσει κανείς το *παρελθόν ως αληθές παρόν του παρελθόντος*. Δηλαδή πώς θα κατανοήσει όλες τις διαμάχες, τις θεσμικές ρυθμίσεις, τις απαγορεύσεις, τις επιβραβεύσεις, την επικράτηση μιας συγκεκριμένης θεωρίας, την αποσιώπηση μιας άλλης, πώς θα κατανοήσει όλα αυτά ως διεργασίες ανάμεσα σε άτομα τα οποία είχαν διαφορετικά κριτήρια αλήθειας και ήθελαν την επικράτηση μιας συγκεκριμένης θεωρίας που πίστευαν ότι είναι αληθής.

Αν προϋπόθεση για να μελετήσουμε το παρελθόν είναι μία τέτοια δογματική αντίληψη του αναχρονισμού («πρέπει να ξεχάσω τι στο μεταξύ έχει γίνει»), τότε είναι αδύνατο να αναπτυχτεί ο κλάδος της ιστορίας της επιστήμης. Άλλο είναι αυτό και άλλο να αποφεύγουμε με κάθε τρόπο τον κίνδυνο να κατανοούμε το παρελθόν με βάση τις σημερινές μας αξίες και κυρίως με βάση τις σημερινές μας αλήθειες. Ο αναχρονισμός στην ιστορία της επιστήμης μάς μετατρέπει σε άτομα που θέλουν να *κρίνουν* το παρελθόν και μας απομακρύνει από την κατανόηση και ερμηνεία του παρελθόντος με τα κριτήρια που ίσχυαν εκείνη την εποχή. Εμείς πρέπει να επιμεινουμε πως κάθε φορά πρέπει να μελετάμε τι έγινε και όχι τι θα μπορούσε να είχε γίνει. Έχει μεγάλη σημασία να έχουμε ως οδηγό της σκέψης μας τα γεγονότα και τεκμήρια του παρελθόντος και όχι να κάνουμε συμπληρώσεις ανάλογα με αυτά που μας φαίνονται «λογικά» και επιχειρηματολογώντας πώς θα μπορούσαν (ή έπρεπε) να είχαν γίνει τα πράγματα.

### **1.3 Τοπικότητα, καθολικός λόγος και τα επιστημονικά εγχειρίδια**

Οι επιστήμες προβάλλονται ως διαπολιτιστικές και διεθνικές. Προβάλλονται δηλαδή ως ένας λόγος καθολικός. Η ιστορία των επιστημών αναδεικνύει *όχι μόνο την καθολικότητα της επιστήμης αλλά και την τοπικότητά της*. Ενδιαφέρον για έναν ιστορικό της επιστήμης έχουν ερωτήματα όπως: Γιατί τα μαθηματικά είχαν τη συγκεκριμένη ώθηση στη Γαλλία του 18ου αιώνα; (και όχι τόσο πολύ η διερεύνηση των μαθηματικών το 18ο αιώνα γενικά). Γιατί οι πειραματικές διαδικασίες πήραν τέτοια μεγάλη έκταση στην Ολλανδία του 18ου αιώνα; (και όχι τόσο πολύ η ιστορία καθιέρωσης των πειραματικών διαδικασιών). Γιατί ο ατομισμός αναβίωσε και έγινε αποδεκτός στην Αγγλία του 19ου αιώνα; (και όχι τόσο πολύ η ιστορία του ατομισμού) κ.ο.κ. Ας επιστημάνουμε εδώ ότι όταν μιλάμε για τοπικότητα δε σημαίνει ότι οι τοπικές αυτές διερευνήσεις είναι ανεξάρτητες από τις διερευνήσεις για την καθολικότητα της επιστήμης, αλλά ότι υπογραμμίζουμε τα τοπικά χαρακτηριστικά για να ανα-

δειχτεί η διαλεκτική σχέση ανάμεσα στο τοπικό και στο καθολικό και να επισημανθεί πως η μελέτη του ενός χωρίς τη μελέτη του άλλου είναι προβληματική.

Πολλά άτομα θα αναρωτηθούν γιατί πρέπει να υπάρχει ένα ξεχωριστό μάθημα και εγχειρίδιο· δε θα ήταν δυνατό να συζητηθούν θέματα ιστορίας της φυσικής μέσα στα βιβλία της φυσικής; Ελάχιστες είναι οι περιπτώσεις όπου μία θεωρία διατυπωμένη σε ένα βιβλίο φυσικής έχει την ίδια μορφή με αυτήν που είχε όταν πρωτοδιατυπώθηκε. Τα διδακτικά βιβλία της φυσικής αλλά και της χημείας στόχο έχουν να παρουσιάσουν τις θεωρίες με έναν τέτοιο τρόπο ώστε να γίνουν κατανοητές οι έννοιες και να μπορούν να διδαχτούν οι τεχνικές. Με άλλα λόγια τα διδακτικά βιβλία έχουν — και πρέπει να έχουν—έναν παιδαγωγικό στόχο: να αποτελέσουν το αναγκαίο και αποτελεσματικό συμπλήρωμα σε ό,τι γίνεται στην τάξη και στο εργαστήριο. Η διατύπωση μιας θεωρίας σε βιβλίο είναι η διαδικασία ανάδειξης του αρχέτυπου λόγου της θεωρίας απογυμνωμένου από κάθε τοπικό και συχνά ιστορικό στοιχείο, που θεωρείται ότι είναι εμπόδιο στην ανάδειξη της καθολικότητας του επιστημονικού λόγου. Αυτό όμως είναι απολύτως αναγκαίο για να μπορέσει να είναι αποτελεσματική η μετάδοση των γνώσεων. Στην ιστορία της επιστήμης όμως σημασία έχει η κατανόηση των *διαφοροποιήσεων και αποκλίσεων από τον αρχέτυπο λόγο που καθιερώνεται με τη διατύπωση μιας θεωρίας σε διδακτικό βιβλίο*. Συνήθως γίνεται κριτική ότι στα διδακτικά βιβλία δε συμπεριλαμβάνεται η ιστορία της συγκεκριμένης επιστήμης. Κατά μία έννοια είναι μια άδικη κριτική. Γιατί αυτό που παρουσιάζεται στα βιβλία είναι κάτι που η συγκεκριμένη μορφή παρουσιάσής του δεν έχει συνήθως ιστορική αναφορά. Είναι κάτι που δεν μπορεί να έχει ιστορία, αφού για να παίξει τον εκπαιδευτικό της ρόλο σε διδακτικό βιβλίο μία θεωρία πρέπει να απογυμνωθεί από την ιστορία της, όχι γενικά και αόριστα, αλλά από την ιστορική της τοπικότητα.

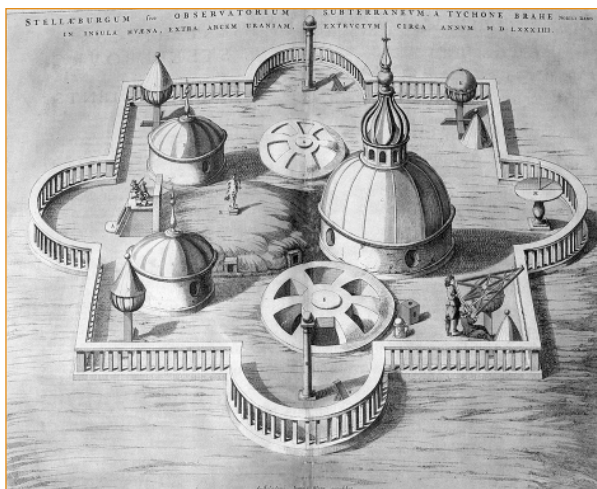
Στα διδακτικά βιβλία θα πρέπει προφανώς να υπάρχουν ορισμένα πληροφοριακά σημειώματα από την ιστορία των επιστημών. Είναι καλό και χρήσιμο να υπάρχουν στο βαθμό που τα πληροφοριακά σημειώματα δε θα θεωρούνται ότι αντικαθιστούν την ιστορία των επιστημών. Άλλο όμως είναι το πρόβλημα. Πολλές φορές η συγκεκριμένη παρουσίαση των επιστημονικών θεωριών υποδηλώνει και μια συγκεκριμένη ιστοριογραφική δέσμευση. Π.χ. σε πάρα πολλά βιβλία η ειδική θεωρία της σχετικότητας εισάγεται μετά την περιγραφή του πειράματος των Michelson–Morley, για να μετρηθεί η σχετική ταχύτητα της Γης ως προς τον αιθέρα. Στα διδακτικά βιβλία λέγεται πως η μηδενική ταχύτητα που προέκυψε από το πείραμα των Michelson–Morley (και την οποία καμία από τις υπάρχουσες θεωρίες δεν μπορούσε να ερμηνεύσει) «επιλύθηκε» με την ειδική θεωρία της σχετικότητας. Μέσα από αυτή την αφήγηση δημιουργείται η εντύπωση πως η εξέλιξη της επιστήμης ακο-

λουθεί το εξής σχήμα: πειραματικά αποτελέσματα που δεν μπορούν να ερμηνευτούν με τις υπάρχουσες θεωρίες — πρόταση μιας νέας θεωρίας που ερμηνεύει το πειραματικό αποτέλεσμα όπως και όλα όσα ερμήνευαν οι υπάρχουσες θεωρίες— πρόβλεψη νέων φαινομένων από την καινούργια θεωρία— πειραματική επιβεβαίωση της πρόβλεψης. Αυτό το σχήμα όμως είναι εντελώς ξένο προς την πραγματικότητα. Επανειλημμένες μελέτες έδειξαν ότι ο Einstein δε θυμόταν καν αν, όταν έγραφε την εργασία του, γνώριζε το πείραμα των Michelson–Morley. Αλλά, όπως ο ίδιος δήλωσε σε συνέντευξή του, ακόμη και αν το γνώριζε, σίγουρα δεν του έδωσε τη σημασία που του δίνουμε εμείς σήμερα. Εξάλλου, αν κανείς διαβάσει την εργασία του Einstein του 1905 όπου διατυπώνει την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας, θα δει ότι δομείται γύρω από εντελώς διαφορετικούς προβληματισμούς και δεν έχει σαν άξονά της να επιλύσει το μηδενικό αποτέλεσμα του πειράματος των Michelson–Morley. Ας προσθέσουμε όμως αμέσως το εξής: η διδασκαλία της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας θα ήταν πολύ πιο δύσκολη, αν ακολουθούσαμε τη δομή της εργασίας του Einstein. Ενώ με τη σύνδεσή της με το πείραμα των Michelson–Morley η εισαγωγή στην ειδική θεωρία της σχετικότητας γίνεται πολύ πιο αποτελεσματική.

Αυτό που βλέπουμε εδώ είναι ο τρόπος που η εκπαιδευτικά πιο πρόσφορη προσέγγιση επηρεάζει την αίσθηση που αποκτάμε για την ιστορική εξέλιξη των θεωριών. Το πρόβλημα μπορεί να είναι ακόμη πιο σοβαρό —όπως στην περίπτωση της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας— όπου η εκπαιδευτικά πιο πρόσφορη προσέγγιση να είναι αντίθετη με την ιστορική πραγματικότητα. Ή και πολλές φορές οι παιδαγωγικές επιδιώξεις να ακυρώνουν την ιστορία. Αλλά ας μην ξεχνάμε ότι τα διδακτικά βιβλία στόχο έχουν τη διδακτική αποτελεσματικότητα. Και θα κριθούν ως προς αυτό. Δεν είναι βιβλία ιστορίας των επιστημών και δεν είναι δυνατό να παίξουν και τους δύο ρόλους. Βεβαίως, ορισμένες φορές γίνεται προσπάθεια να μην έχουμε τέτοιες αποκλίσεις ανάμεσα στον τρόπο παρουσίασης των θεωριών στα επιστημονικά εγχειρίδια και στην παρουσίαση της ιστορικής εξέλιξης των θεωριών. Αλλά πρέπει να συμβιβαστούμε με την εξής αλήθεια: Είναι αδύνατο να διδαχτεί κανείς φυσική και χημεία από βιβλία ιστορίας της φυσικής και της χημείας και είναι αδύνατο να διδαχτεί κανείς την ιστορία της φυσικής και της χημείας από βιβλία φυσικής και χημείας. Μπορεί κανείς να αποκτήσει γνώσεις για ορισμένα περιστατικά από την ιστορία των θεωριών αλλά δεν μπορεί να μάθει την *ιστορία* της φυσικής είτε της χημείας.

Σχετικό με τα παραπάνω είναι και η σοβαρή κατάσταση που δημιουργείται με τα λογής βιβλία που γράφουν οι επιστήμονες με την εξιστόρηση των γεγονότων της επιστήμης τους. Οι επιστήμονες κατά τεκμήριο αφηγούνται το παρελθόν του κλάδου τους. Σχεδόν πάντοτε αφηγούνται τις λεπτομέρειες των σωστών θεωριών και σχε-

δόν ποτέ δεν ασχολούνται με τις λεπτομέρειες των λάθος θεωριών. Έτσι προκύπτει μία συγκεκριμένη *ιστοριογραφική πρόταση*. Η ιστορία της φυσικής γίνεται η ιστορία των σωστών θεωριών των μεγάλων φυσικών και η «πρόοδος» προβάλλεται ως το αποτέλεσμα της συσσώρευσης των αληθειών που η κάθε θεωρία αναδεικνύει. Οι σωστές θεωρίες, οι μεγάλοι επιστήμονες, η συσσώρευση και, τέλος, η πρόοδος που εκδηλώνεται μέσα από τη νέα προσέγγιση της αλήθειας: είναι ένα σχήμα που φαίνεται χρήσιμο και λογικό, πλην όμως είναι απολύτως λανθασμένο. Δε θα σταθώ στην καταλυτική και πειστική κριτική που έχει γίνει σε τέτοιου είδους θετικιστικές προσεγγίσεις και τις οποίες μπορείτε να διαβάσετε στο αντίστοιχο βιβλίο για τη φιλοσοφία των επιστημών. Η συστηματική ανάγνωση της ιστορίας της φυσικής ανέτρεψε μακροχρόνιες πεποιθήσεις μας για το πώς εξελίσσεται η επιστήμη και έφερε στην επιφάνεια ερωτήματα τα οποία μάς ανάγκασαν να επανεκτιμήσουμε θέσεις και απόψεις για θεμελιακά ζητήματα, όπως η αλήθεια των επιστημονικών θεωριών και η πρόοδος της επιστήμης. Για χρόνια η επιστήμη ασκούσε μια γοητεία, αφού όλοι τη θεωρούμε ως το κατεξοχήν υπόδειγμα έγκυρης γνώσης, μία δραστηριότητα απογυμνωμένη από κάθε ανορθολογικό και υποκειμενικό στοιχείο. Η ανάλυσή της, για πολλά χρόνια, ήταν σχεδόν αποκλειστικά προσανατολισμένη στην ανάδειξη της λογικής δομής των θεωριών, στην κατανόηση των διαδικασιών επικύρωσης των επιστημονικών προτάσεων και στην αναζήτηση των κριτηρίων για τη διάκριση της επιστήμης από τη μεταφυσική. Μάλιστα, οι βασικές αξίες της δυτικής σκέψης είχαν εν πολλοίς ταυτιστεί με τα χαρακτηριστικά της επιστήμης, με την αντικειμενικότητα, τον ορθολογισμό και την πρόοδο. Όπως θα έχετε την ευκαιρία να διαβάσετε εδώ αλλά και στο βιβλίο της φιλοσοφίας της επιστήμης, οι συζητήσεις και οι έρευνες στην ιστορία και τη φιλοσοφία της επιστήμης, μετά το τέλος της δεκαετίας του 1950, ανέτρεψαν πλήρως αυτή την αντίληψη.



#### 1.4 Τι κάνουν οι ιστορικοί της επιστήμης;

Όπως θα έχουμε την ευκαιρία να συζητήσουμε και να τονίσουμε αρκετές φορές, οι ιστορικοί των επιστημών προσπαθούν να δώσουν απαντήσεις σε κάποια ερωτήματα που θέτουν. Ποιο είναι το ερώτημα, με ποια συγκεκριμένη διατύπωση επιλέγεται να μελετηθεί, ποια είναι η επιχειρηματολογία που αναπτύσσεται για να απαντηθεί πειστικά και ποιο είναι το πρωτογενές και δευτερογενές υλικό στο οποίο στηρίχτηκε ο/η ιστορικός για να οικοδομήσει την επιχειρηματολογία του/της αποτελούν τα συστατικά στοιχεία της επαγγελματικής πρακτικής των ιστορικών της επιστήμης.

Ας δούμε λίγο αναλυτικά μέσω κάποιων παραδειγμάτων αυτή τη διαδικασία με την οποία θέτουμε ερωτήματα με ένα συστηματικό τρόπο. Για καθεμία από τις περιόδους (Αρχαιότητα, Μεσαίωνας, Επιστημονική Επανάσταση του 16ου και 17ου αιώνα, Διαφωτισμός, 19ος αιώνας και 20ος αιώνας) θα επιλέξουμε ένα θέμα και ξεκινώντας από την αφήγηση των γεγονότων που συγκροτούν το θέμα που μας ενδιαφέρει —ας υπενθυμίσουμε ότι χωρίς την ακριβή γνώση των γεγονότων δεν είναι δυνατό να προχωρήσει κανείς σε καμία σοβαρή συζήτηση— συνεχίζουμε με ερωτήματα που ολοένα διευρύνουν τον προβληματισμό μας. Τα θέματα που επιλέξαμε για την κάθε περίοδο είναι τα εξής: Αρχαιότητα —οι μαθηματικοί, Μεσαίωνας —τα πανεπιστήμια, Επιστημονική Επανάσταση —η δίκη του Γαλιλαίου, Διαφωτισμός —η Εγκυκλοπαίδεια, 19ος αιώνας —η θερμοδυναμική, 20ος αιώνας – η κβαντική φυσική. Τα διάφορα επίπεδα των ερωτήσεων ακολουθούν το εξής σκεπτικό: Αρχίζουμε με το αίτημα για την εσωτερική αφήγηση των γεγονότων και συνεχίζουμε με την αλληλοσυσχέτιση των διαφορετικών γεγονότων της αφήγησης, τις διαμάχες ανάμεσα στα άμεσα εμπλεκόμενα άτομα, τη συσχέτιση των εξελίξεων με αυτά που γίνονται στη σφαίρα των ιδεών, την απήγηση των νέων ιδεών στην κοινωνία, τη σχέση των γεγονότων με το παρελθόν και το μέλλον.

##### Αρχαιότητα

- Ποιο ήταν το έργο των μαθηματικών της αρχαιότητας;
- Τι κοινά και τι αλληλοσυσχετίσεις υπάρχουν ανάμεσα στα έργα των διάφορων μαθηματικών της αρχαιότητας;
- Ποια η σχέση των συγκεκριμένων έργων με τα μεγάλα φιλοσοφικά ρεύματα της αρχαιότητας;
- Ποιες ήταν οι αντιδράσεις εκείνων που είχαν αντιρρήσεις σε αυτή την παράδοση;
- Ποιες διαμάχες χαρακτήρισαν τους μαθηματικούς της αρχαιότητας;
- Ποια η απήγησή τους στην κοινωνία της εποχής εκείνης;

- Ποιες οι σχέσεις με άλλες προγενέστερες παραδόσεις, π.χ. των Βαβυλωνίων;
- Ποιες οι επιπτώσεις των έργων αυτών στις μετέπειτα εξελίξεις;

### **Μεσαίωνας**

- Ποια ήταν τα πρώτα πανεπιστήμια και ποια ήταν η δομή τους; Τι είδους σχέσεις απέκτησαν μεταξύ τους;
- Ποιο ήταν το πρόγραμμα σπουδών τους και πώς αυτό αντανακλούσε τα (κυρίαρχα;) φιλοσοφικά ρεύματα;
- Τι είδους διαμάχες υπήρχαν ανάμεσα σε πανεπιστημιακούς και σε λογίους που ήταν έξω από το πανεπιστήμιο;
- Τι είδους διαμάχες υπήρχαν ανάμεσα στους πανεπιστημιακούς;
- Ποια η απήχηση των πανεπιστημίων στην κοινωνία και τι σχέσεις είχαν δημιουργηθεί ανάμεσα σε αυτά και την κοινωνία;
- Ποιοι ήταν οι προγενέστεροι θεσμοί που μετεξελίχτηκαν σε πανεπιστήμια;
- Πώς τα πρώτα πανεπιστήμια επηρέασαν τη μετέπειτα πορεία των εκπαιδευτικών θεσμών στη διάρκεια του Μεσαίωνα;

### **Επιστημονική Επανάσταση**

- Ποια ήταν τα γεγονότα στη δίκη του Γαλιλαίου;
- Ποια η σχέση της δίκης του 1633 με τις αποφάσεις της Ιεράς Εξέτασης του 1616;
- Πώς αντανακλάται μέσα από τη δίκη η σχέση επιστήμης και θεολογίας;
- Ποιες ήταν οι αντιδράσεις για το αποτέλεσμα της δίκης των άλλων φυσικών φιλοσόφων που δεν έβλεπαν με συμπάθεια τις θεωρίες του Γαλιλαίου;
- Τι είδους διαφορετικές απόψεις υπήρχαν ανάμεσα στους κόλπους της Εκκλησίας για τη δίκη;
- Ποια ήταν η απήχηση της δίκης στην κοινωνία της εποχής εκείνης;
- Ποιες συγκρίσεις μπορούν να γίνουν με άλλες αντίστοιχες δίκες στο παρελθόν (π.χ. με τη δίκη του Μπρόουνο);
- Τι είδους προηγούμενο δημιούργησε η δίκη για το μέλλον; Τι αλλαγές επέφερε στους κόλπους της Εκκλησίας;

### **Διαφωτισμός**

- Τι περιέχει και πώς γράφτηκε η Εγκυκλοπαίδεια;

- Πώς αντανακλώνται τα φιλοσοφικά ρεύματα της εποχής στα διάφορα άρθρα της Εγκυκλοπαίδειας;
- Υπήρχαν άτομα που διαφωνούσαν με αυτό το εγχείρημα; Πώς εκφράστηκε η αντίθεσή τους με τους εκδότες και επιμελητές της Εγκυκλοπαίδειας;
- Τι είδους διαφορετικές απόψεις υπήρχαν ανάμεσα σε αυτούς που συνέγραψαν τα λήμματα, τους εκδότες, τους επιμελητές;
- Πώς αντιμετωπίστηκε το εγχείρημα της συγγραφής της Εγκυκλοπαίδειας από την κοινωνία;
- Ποια ήταν τα σχετικά βιβλία (π.χ. λεξικά) πριν από τη δημοσίευση της Εγκυκλοπαίδειας;
- Τι επιπτώσεις είχε το συγκεκριμένο εκδοτικό αλλά και ιδεολογικό εγχείρημα στη διαμόρφωση των ανάλογων πρωτοβουλιών μετά τη δημοσίευση της Εγκυκλοπαίδειας;

### 19ος αιώνας

- Ποια ήταν η πορεία του προβληματισμού που κατέληξε στη διατύπωση του δεύτερου νόμου της θερμοδυναμικής; Ποιοι συνέβαλαν στη διατύπωσή του;
- Ποιος ο προβληματισμός που αναπτύχθηκε γύρω από το γεγονός ότι η εντροπία ενδεχομένως να οδηγεί στον επανακαθορισμό της αιτιοκρατίας;
- Υπήρχαν άτομα που διαφωνούσαν για το συγκεκριμένο (μακροσκοπικό) τρόπο αντιμετώπισης των φαινομένων της θερμότητας; Ποιες ήταν οι διαφωνίες τους και ποιες οι διαφορετικές τους προσεγγίσεις;
- Ποιες ήταν οι διαφωνίες και οι διαμάχες ανάμεσα σε αυτούς που υποστήριζαν τη θερμοδυναμική προσέγγιση;
- Τι είδους επιπτώσεις είχε ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής στη θεολογική προβληματική;
- Ποια η σχέση του δεύτερου νόμου με τις νέες για την εποχή μαθηματικές μεθόδους αλλά και νέες θεωρίες στη φυσιολογία, γεωλογία και βιολογία;
- Πώς επηρέασε η κατανόηση των φαινομένων θερμότητας τη βιομηχανική επανάσταση του 18ου και 19ου αιώνα;
- Πώς συνδέονται οι προβληματισμοί που αναπτύχθηκαν το 19ο αιώνα με τους τρόπους προσέγγισης των θερμικών φαινομένων του προηγούμενου αιώνα;
- Πώς συνέβαλε η θερμοδυναμική στη δημιουργία ερωτημάτων που αμφισβητού-



σαν τη μηχανοκρατία;

### **Εικοστός αιώνας**

- Ποια είναι τα άτομα και τα έργα τους που δημιουργούν την κβαντική μηχανική στη διάρκεια του δεύτερου μισού της δεκαετίας του 1920;
- Ποιες ήταν οι διαμάχες ανάμεσα στους δημιουργούς της κβαντικής μηχανικής;
- Ποιες ήταν οι διαμάχες ανάμεσα στα άτομα που υποστήριζαν το νέο τρόπο προσέγγισης των μικροσκοπικών φαινομένων και στα άτομα που θεωρούσαν πως η νέα θεωρία είχε τόσα πολλά προβλήματα που δεν της επέτρεπαν να αντικαταστήσει τους παλιούς τρόπους προσέγγισης των φυσικών φαινομένων;
- Ποια η σχέση της κβαντικής μηχανικής με την κβαντική θεωρία των Planck, Bohr και Sommerfeld;
- Πόσο εύκολα αποδεκτή έγινε η νέα θεωρία και από τους φυσικούς αλλά και από τους χημικούς; Πώς ενσωματώθηκε στην πανεπιστημιακή διδασκαλία; Υπήρξαν διαφορές στην αποδοχή της κβαντικής μηχανικής ανάμεσα στους φυσικούς της Γερμανίας, Αγγλίας, Γαλλίας και Αμερικής;
- Πώς εκφράζεται με την κβαντική μηχανική το γενικότερο ρεύμα κριτικής στις καθιερωμένες απόψεις, στη διάρκεια του πρώτου τέταρτου του 20ου αιώνα, και τι συσχετισμούς θα μπορούσαμε να εντοπίσουμε ανάμεσα στη γένεση και καθιέρωση της κβαντομηχανικής και τις νέες προσεγγίσεις στην τέχνη, όπως π.χ. του κυβισμού στη ζωγραφική;

Τα ερωτήματα που θέσαμε παραπάνω δεν είναι τα μοναδικά ούτε και τα επίπεδα είναι μονοσήμαντα. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές απαντήσεις στο κάθε ερώτημα, όπως υπάρχουν πολλές και διαφορετικές διαδικασίες ελέγχου της εγκυρότητας των απαντήσεων. Τα παραπάνω δείχνουν πώς είναι δυνατό να διαιρέσουμε ένα γενικό θέμα σε υποθέματα, πώς μπορούμε να «τρυπώνουμε» μέσα σε ένα θέμα, και είναι προφανές ότι η έρευνα για κάθε ερώτημα αναδεικνύει άλλα, νέα ερωτήματα. Στα παραπάνω επιλέχτηκε ο εντοπισμός ενός θέματος σε καθεμία από τις μεγάλες περιόδους στην ιστορία της επιστήμης. Θα μπορούσε όμως να είχε επιλεγεί ένα θέμα και να το μελετήσει κανείς με τον ίδιο τρόπο διαχρονικά: π.χ. η αντιμετώπιση των *Στοιχείων* του Ευκλείδη ανά τους αιώνες.

### **1.5 Τεκμήρια και Πηγές**

Ποια είναι η υλική βάση των ιστορικών της επιστήμης; Από πού αντλούν το υλικό που στη συνέχεια θα μελετήσουν; Ποια είναι τα στοιχεία στα οποία βασίζεται η αφή-

γηση των γεγονότων, η ερμηνεία των γεγονότων, η επιχειρηματολογία των απαντήσεων και οι συσχετίσεις που αναδεικνύονται μέσα από την αφήγηση και την ερμηνεία και ποιος ο τρόπος που εντοπίζεται η σχέση του συγκεκριμένου θέματος με τα γενικότερα θέματα;

Στα πρωτογενή τεκμήρια ή πηγές συμπεριλαμβάνονται τα δημοσιευμένα έργα του ατόμου που μελετάμε, τα αδημοσίευτα έργα που μπορεί να είναι σε μορφή χειρογράφου, η αλληλογραφία που είχε λάβει ή αυτή που είχε στείλει, τα σημειωματάρια στα οποία κατέγραφε τις μετρήσεις των πειραμάτων, παρατηρήσεων ή τους αναλυτικούς υπολογισμούς, τα όργανα με τα οποία πραγματοποιούσε τα πειράματα και, για πιο πρόσφατες περιπτώσεις, οι συνεντεύξεις και το οπτικοακουστικό υλικό. Στα χειρόγραφα και στις σημειώσεις έργων που στη συνέχεια είχαν δημοσιευτεί, είμαστε πολλές φορές σε θέση να διαβάσουμε τις πρώτες, λιγότερο επεξεργασμένες, εκφράσεις μιας θεωρίας, να δούμε τι σχεδίαζε ο συγγραφέας να συμπεριλάβει στη δημοσιευμένη εκδοχή της θεωρίας και αποφάσισε να μην το συμπεριλάβει και ποιες από αυτές τις παραλείψεις γίνονται μετά από παραίνεση των ατόμων με τα οποία αλληλογραφούσε. Πρόσθετες πηγές είναι τα δημοσιευμένα ή αδημοσίευτα, σε μορφή χειρογράφου, έργα που είχαν γράψει άλλοι σύγχρονοι του ή και μεταγενέστεροί του και στα οποία υπάρχει άμεση αναφορά στο έργο του ατόμου που μελετάμε, η αλληλογραφία ανάμεσα σε δύο άτομα που αναφέρουν το άτομο που μελετάμε, ανάλογο οπτικοακουστικό υλικό και, βεβαίως, η λογής εργογραφία από ιστορικούς ή και φιλοσόφους της επιστήμης. Στις παραπάνω πρωτογενείς και δευτερογενείς πηγές θα πρέπει να προστεθούν και τα πρακτικά συνεδριάσεων οργάνων των πανεπιστημίων ή των ακαδημιών, πρακτικά δικαστηρίων και άλλων διοικητικών θεσμών, όπως και διάφορες επίσημες ή ανεπίσημες εκθέσεις.

Τα δημοσιευμένα έργα των διανοητών παραμένουν τα σημαντικότερα τεκμήρια για την ιστορία της επιστήμης. Αυτά αποτελούν τη δημόσια κατάθεση του φυσικού φιλοσόφου, αυτά εκφράζουν τη δημόσια κριτική στις άλλες απόψεις και στα έργα αυτά ενυπάρχει η δυναμική των νέων ιδεών. Τα δημοσιευμένα όμως έργα δεν αποτελούν τα μοναδικά τεκμήρια και όταν συνδυαστούν με την ανάγνωση που μας προσφέρεται από την ύπαρξη και άλλων τεκμηρίων, τότε σίγουρα αποκτάμε μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα του παρελθόντος. Τα χειρόγραφα που βρίσκουμε στο αρχείο ενός ερευνητή μπορεί να είναι τα χειρόγραφα δημοσιευμένου του έργου ή χειρόγραφα αδημοσίευτου έργου. Στην πρώτη περίπτωση μπορεί να έχουμε το χειρόγραφο που είχε στείλει στον εκδότη και του είχε επιστραφεί. Αλλά επίσης μπορεί να έχουμε και χειρόγραφα που ήταν οι πρώτες μορφές του δημοσιευμένου έργου και συγκρίνοντας το δημοσιευμένο με αυτά τα χειρόγραφα να δούμε ποια ήταν τα σημεία που άλλα-

ξε, ποια δε συμπεριέλαβε στο τελικό κείμενο κτλ. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε πάλι να κάνουμε παρατηρήσεις που στοχεύουν στην κατανόηση και του τρόπου σκέψης του ερευνητή αλλά και να διερευνήσουμε τους δισταγμούς του στη δημοσιοποίηση ορισμένων θεμάτων. Ενδιαφέρον συνήθως παρουσιάζει και το προσωπικό αντίγραφο ενός δημοσιευμένου έργου του ερευνητή, αφού μπορεί να βρίσκονται στα περιθώρια πλήθος σημειώσεων, από τις οποίες συμπεραίνουμε τι άλλα σκέφτηκε ο συγγραφέας όταν διάβασε το δημοσιευμένο έργο του.

Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα τεκμήρια για την ιστορία της επιστήμης είναι η αλληλογραφία. Και αυτή διακρίνεται σε πολλές κατηγορίες και θα σχολιάσουμε τρεις που μας ενδιαφέρουν πιο ειδικά στην ιστορία της επιστήμης. Υπάρχει μία κατηγορία επιστολών που ο αποστολέας θα ήθελε να δοθούν σε διάφορα άτομα να τις διαβάσουν ή να αντιγραφούν από τον παραλήπτη και να κυκλοφορήσουν ανάμεσα σε διάφορα άτομα. Αυτός είναι και ένας τρόπος να γνωρίσουν κάποιιοι τις νέες ιδέες μέσω ενός ατόμου που είναι έμπιστος του αποστολέα, να εκτιμηθούν οι αντιδράσεις αυτών των ατόμων και να μην εκτεθεί ο αποστολέας άμεσα. Η άλλη κατηγορία είναι οι επιστολές σε άτομα που θεωρούνται υποστηρικτές της όποιας νέας πρότασης και στα οποία γράφονται πρόσθετα επιχειρήματα ώστε να λειτουργήσουν ως προπαγανδιστές της νέας ιδέας. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και οι επιστολές σε άτομα που έχουν κάνει κριτική και ο αποστολέας απαντάει στην κριτική. Και στις δύο περιπτώσεις έχουμε στη διάθεσή μας ένα υλικό από το οποίο μπορούμε να αντλήσουμε πολλά στοιχεία που θα μας βοηθήσουν να καταλάβουμε ακόμη περισσότερο τη σκέψη ενός ερευνητή και τις αντιδράσεις σε αυτά που υποστήριζε. Ένα από τα προβλήματα που αντιμετωπίζουμε ως ιστορικοί της επιστήμης σήμερα είναι ότι η χρήση των υπολογιστών, των τηλεφώνων και της αλληλογραφίας μέσα από το διαδίκτυο, έχουν καταστρέψει αυτές τις μορφές επικοινωνίας και πολλές φορές στη συγγραφή, π.χ. ενός έργου, χάνονται οι διορθώσεις που γίνονται στη διαδικασία συγγραφής του. Η τρίτη κατηγορία είναι η αλληλογραφία μεταξύ δύο ατόμων, τα οποία σχολιάζουν το έργο ενός τρίτου. Η αλληλογραφία αυτή μπορεί να είναι ανάμεσα σε υποστηρικτές του έργου, ανάμεσα σε άτομα που κάνουν κριτική ή και ανάμεσα σε άτομα που απλώς ενδιαφέρονται να σχολιάσουν το έργο. Οι κατηγορίες αυτές βεβαίως δεν εξαντλούν τα διαφορετικά είδη αλληλογραφίας, αλλά είναι οι κυριότερες στην ιστορία των επιστημών.

Μία άλλη κατηγορία τεκμηρίων είναι τα σημειωματάρια στα οποία καταγράφονται μετρήσεις πειραμάτων. Γιατί αυτά είναι τόσο σημαντικά για τους ιστορικούς της επιστήμης; Θα εντοπίσουμε τρεις λόγους. Πρώτον, από τις δημοσιευμένες μορφές των πειραματικών αποτελεσμάτων λείπει συνήθως ένα σύνολο αποτελεσμάτων, τα οποία ο συγγραφέας δε θέλησε να συμπεριλάβει για ποικίλους λόγους. Δεύτερον, σίγουρα

στις δημοσιεύσεις δε συμπεριλαμβάνονται και οι λογής σκέψεις και ιδέες που έχει ο πειραματιστής στη διάρκεια των πειραμάτων και τις οποίες πρόχειρα και χωρίς επεξεργασία τις καταγράφει στο σημειωματάριο. Τρίτον, στα σημειωματάρια μπορεί να βρεθούν οι τρόποι με τους οποίους ο πειραματιστής επέλυσε διάφορα τεχνικά προβλήματα που του ήταν εμπόδιο για να ολοκληρώσει το πείραμα. Πάλι, όπως και στην περίπτωση της αλληλογραφίας, και μάλιστα πιο έντονα στην περίπτωση των σημειωματάρων, είμαστε σε θέση να διερευνήσουμε τις πιο προσωπικές σκέψεις του ερευνητή, τις πιο αυθόρμητες και αυτές που θεωρεί ότι μπορεί να γράψει απλώς για να μην ξεχαστούν αργότερα από τον ίδιο, χωρίς να αισθάνεται ότι πρέπει να είναι προσεκτικός γιατί κάποιος θα τις διαβάσουν. Όχι ότι δεν υπάρχουν και περιπτώσεις ατόμων που καταστρέφουν τα αρχικά σημειωματάρια και τα αντικαθιστούν με καθαρογραμμένα ώστε να εξασφαλίσουν μία προνομαϊκή μεταχείριση από τους ιστορικούς! Και βέβαια ορισμένοι σίγουρα θα το έχουν καταφέρει, αφού σε ορισμένες περιπτώσεις είμαστε σε θέση να το καταλάβουμε αυτό, αλλά σίγουρα όχι σε όλες τις περιπτώσεις. Τέλος, υπάρχουν και σημειωματάρια που περιέχουν εξαιρετικά αναλυτικές αναφορές στα πειράματα (ή στις αστρονομικές παρατηρήσεις), όλες τις δυνατές μετρήσεις και πάρα πολύ υλικό —όπως διάφορα σχεδιαγράμματα— που δε φαίνονται στη δημοσιευμένη εργασία.

Υπάρχει μία άλλη κατηγορία εγγράφων αντίστοιχου χαρακτήρα με τα σημειωματάρια των πειραματικών μετρήσεων, που όμως είναι ασύγκριτα πιο χαώδης. Τα σημειωματάρια που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς και τις θεωρητικές αναλύσεις είναι επίσης μία πλούσια πηγή πληροφοριών για την εξέλιξη ορισμένων θεωριών. Ο μεγάλος όγκος αυτών των σημειωματάρων περιέχει λάθη και αδιέξοδα που είναι και μέρος της καθημερινής λειτουργίας των επιστημόνων. Αλλά τα λάθη και τα αδιέξοδα μας αποκαλύπτουν πολλές φορές εξαιρετικά ενδιαφέροντα στοιχεία σχετικά με τον τρόπο που σκέφτονται οι επιστήμονες. Η πλήρης αποτυχία του Αϊνστάιν να διατυπώσει μία θεωρία που θα ενοποιούσε τον ηλεκτρομαγνητισμό και τη βαρύτητα και η καταγραφή αυτών των προσπαθειών στα σημειωματάρια του για περίπου σαράντα χρόνια, μας έχει δώσει πολύτιμες πληροφορίες για τον τρόπο σκέψης του Αϊνστάιν. Βέβαια, αρκετές φορές δεν είμαστε τόσο τυχεροί ώστε να έχουμε σημειωματάρια όπου καταγράφονται οι μετρήσεις ή οι παρατηρήσεις ή οι υπολογισμοί με τρόπο που να είναι απολύτως σαφής η χρονολογική τους σειρά. Πολλές φορές έχουμε σκόρπιες σελίδες (αλλά και κομματάκια χαρτιού) με παρατηρήσεις ή σκέψεις ή υπολογισμούς, χωρίς να υπάρχει καμία ένδειξη για τη χρονική τους σειρά. Τέτοιες είναι πολλές από τις αχρονολόγητες σελίδες του Γαλιλαίου που περιέχουν υπολογισμούς και ορισμένες μετρήσεις για την ελεύθερη πτώση, όπως και πολλά από τα

μαθηματικά και αλχημικά χειρόγραφα του Νεύτωνα.

Ειδικότερα, μετά το 17ο αιώνα έχουμε και κάποιες νέες κατηγορίες τεκμηρίων σχεδόν όλες ταυτισμένες με την ανάδειξη του νέου θεσμού των ακαδημιών. Μαζί με την ίδρυση των ακαδημιών άρχισε να διαδίδεται και η έκδοση σε τακτά διαστήματα των περιοδικών, ορισμένα από τα οποία ήταν επίσημα όργανα των ακαδημιών. Τα τεκμήρια στα οποία αναφερόμαστε εδώ αποτελούνται από τα άρθρα σε αυτά τα περιοδικά που πρωτοπαρουσιάστηκαν και ως ομιλίες σε συνεδριάσεις της ακαδημίας, τις εκθέσεις των ατόμων που ορισμένες φορές έκριναν τα άρθρα που τους έστελναν, τα πρακτικά των συζητήσεων διάφορων οργάνων της ακαδημίας (ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν τα πρακτικά συζητήσεων επιτροπών απονομής βραβείων) όπως και από την αλληλογραφία της ακαδημίας είτε με άλλες ακαδημίες είτε με άτομα που έστελναν διάφορα σημειώματα με πληροφορίες από διάφορα μέρη του κόσμου. Σημαντική επίσης πηγή πληροφοριών είναι και οι συμμετοχές σε διαγωνισμούς που πολλές φορές είχαν προκηρύξει οι ακαδημίες, οι προσφωνήσεις στις τελετές απονομής βραβείων μετά την εκλογή νέου προέδρου ή στη διάρκεια μιας ειδικής συνεδρίασης για κάποιο μέλος της που είχε πεθάνει.

Υπάρχουν όμως και άλλα είδη τεκμηρίων. Μιλήσαμε ήδη για τα επιστημονικά όργανα και θα πρέπει να αναφέρουμε τις εξαιρετικά σημαντικές συλλογές σε ορισμένα μουσεία όπως τα μουσεία ιστορίας των επιστημών του Καίμπριτζ και της Οξφόρδης, το Science Museum του Λονδίνου, το μουσείο Arts et Metier στο Παρίσι, το Deutches Museum στο Μόναχο, το μουσείο Ιστορίας των Επιστημών στη Φλωρεντία όπως και πολλά πανεπιστημιακά μουσεία. Ένα άλλο είδος είναι τα μοντέλα του ηλιακού συστήματος, οι σφαιρικοί άτλαντες αλλά και τα μοντέλα της διαστρωμάτωσης των πετρωμάτων της Γης ή τα γυάλινα ομοιώματα φυτών και λουλουδιών, των οποίων η χρήση ήταν είτε εκπαιδευτική είτε διακοσμητική. Πολλοί ζωγραφικοί πίνακες απεικονίζουν επιστημονικά όργανα και τα οποία μπορούν επίσης να μας δώσουν διάφορες πληροφορίες για το παρελθόν. Π.χ. στον πίνακα του Hans Holbein του νεότερου *Οι Γάλλοι πρέσβεις στην αυλή της Αγγλίας* (1533) απεικονίζονται διάφορα αστρονομικά όργανα. Ιδιαίτερα χρήσιμες είναι επίσης οι εικονογραφήσεις των παλαιών βιβλίων, όπως και τα αρχιτεκτονικά σχέδια χώρων όπου εργάζονταν οι φυσικοί φιλόσοφοι, οι αστρονόμοι και γενικά όλοι όσων οι ενασχολήσεις εμπίπτουν στην ιστορία των επιστημών.

## 1.6 Η Δημοσιοποίηση των ερευνών

Οι ιστορικοί της επιστήμης χρησιμοποιούν πολλούς τρόπους για να δημοσιοποιήσουν τα αποτελέσματα των ερευνών τους. Τα πιο συνηθισμένα βέβαια είναι τα άρθρα σε περιοδικά ή οι μονογραφίες. Δεν είναι όμως οι μόνοι τρόποι. Οι συλλογές άρθρων,

οι διαλέξεις, οι αναδημοσιεύσεις των κλασικών έργων με εκτεταμένη εισαγωγή ή/και υποσημειώσεις, η σχολιασμένη δημοσίευση μη δημοσιευμένων έργων που έχουν βρεθεί ως χειρόγραφα, η σχολιασμένη δημοσίευση επιστολών, η σχολιασμένη δημοσίευση σημειωματάρων όπου έχουν εγγραφεί οι πειραματικές μετρήσεις ή οι παρατηρήσεις αλλά και διάφορες ιδέες του συγκεκριμένου ερευνητή, οι κατάλογοι αρχείων, οι βιβλιογραφικοί οδηγοί, η δημοσίευση συνεντεύξεων και το οπτικό υλικό αποτελούν πρόσθετους και εξίσου αποτελεσματικούς τρόπους για τη δημοσιοποίηση των ερευνών στην ιστορία των επιστημών.

### 1.7 Αφήγηση-Ερμηνεία

Η ιστορία της επιστήμης, όπως είπαμε και παραπάνω, έχει ως στόχο της την απάντηση διάφορων ερωτημάτων. Τα ερωτήματα όμως αυτά είναι συχνά ερωτήματα που δεν μπορούν να απαντηθούν μονάχα με την αφήγηση των γεγονότων. Υπάρχουν ερωτήματα που απαιτούν και την ερμηνεία των γεγονότων. Ας πάρουμε δύο από τις ερωτήσεις που έχουμε ήδη θέσει: Ποια ήταν τα γεγονότα στη δίκη του Γαλιλαίου; Πώς αντανακλάται μέσα από τη δίκη η σχέση επιστήμης και θεολογίας; Η πρώτη ερώτηση μπορεί να απαντηθεί με την παράθεση των γεγονότων. Αυτό δεν είναι πάντοτε τόσο απλό όσο φαίνεται. Σχεδόν όλα τα άτομα που θα απαντούσαν σε αυτή την ερώτηση θα εξιστορούσαν τα ίδια γεγονότα. Θα υπήρχαν όμως διαφοροποιήσεις, είτε στη σχετική έκταση που θα δινόταν στα γεγονότα είτε στην αναφορά ορισμένων γεγονότων που διαφορετικά άτομα δε θα θεωρούσαν ότι είχαν καμία ιδιαίτερη σημασία. Παρ' όλα αυτά όμως θα υπήρχε μία γενική συμφωνία στα σημαντικά γεγονότα που σχετίζονται με τη δίκη. Έτσι θα λέγαμε πως η απάντηση σε αυτό το ερώτημα εξαρτάται κυρίως από την αφήγηση των γεγονότων. Η απάντηση όμως στο δεύτερο ερώτημα εξαρτάται κυρίως από την ερμηνεία των γεγονότων. Αν π.χ. θεωρήσουμε πως ο Γαλιλαίος ήταν ένας ευσεβής θρησκευόμενος, ο οποίος έκανε όλα όσα έκανε για να πείσει την Εκκλησία να αποφύγει να παίρνει θέση σε επιστημονικά θέματα ώστε να την προφυλάξει από το να εκτίθεται στο μέλλον, τότε θα έπρεπε να διατυπώσουμε την απάντησή μας εξετάζοντας την πορεία των απόψεων της Εκκλησίας σε επιστημονικά θέματα, ποιες ήταν οι θέσεις των πατέρων της Εκκλησίας για το πώς πρέπει να λειτουργεί η Εκκλησία, αν υπήρχαν σημαίνοντες παράγοντες της Εκκλησίας που θα έβλεπαν με συμπάθεια έναν τέτοιο περιορισμό της εξουσίας της Εκκλησίας κτλ. Με άλλα λόγια, για να απαντήσουμε στο αρχικό μας ερώτημα, θα έπρεπε να κατανοήσουμε τις διαδικασίες που θα επέφεραν μία νέα συναίνεση σχετικά με την ιδεολογική και κοινωνική λειτουργία της Εκκλησίας. Αν όμως θεωρούσαμε ότι ο Γαλιλαίος ήθελε να εκθέσει το σκοταδισμό της Εκκλησίας ή ότι ήθελε να δηλώσει πως δε θα πρέπει να έχουμε καμία εμπιστοσύνη στην Εκκλησία, τότε θα έπρεπε να διατυπώσουμε την απάντησή μας εξε-

τάζοντας την πορεία αμφισβήτησης της ιδεολογικής κυριαρχίας της Εκκλησίας και θα έπρεπε να κατανοήσουμε τις διαδικασίες σύγκρουσης ανάμεσα στο θεσμό της Εκκλησίας και τον εκφραστή ενός υπό δημιουργία θεσμού, που επιδιώκει να αποκτήσει δικαιοδοσία πάνω σε ορισμένα από τα θέματα στα οποία παραδοσιακά ασκούσε εξουσία η Εκκλησία. Και στις δύο περιπτώσεις η απάντησή μας θα περιέχει τις επιπτώσεις της δίκης στη σχέση επιστήμης και θεολογίας, όπως μας το ζητάει η ερώτηση που θέσαμε, αλλά, όπως καταλαβαίνετε, θα υπάρχουν δύο διαφορετικές ερμηνείες του θέματος.

Από πού όμως προκύπτουν οι αρχικές μας υποθέσεις ότι ο Γαλιλαίος μπορεί να ήταν ένας ευσεβής θρησκευόμενος ή ότι ήθελε να εκθέσει το σκοταδισμό της Εκκλησίας; Πόσο δικαιολογείται η χρήση τέτοιων υποθέσεων για να αναπτύξουμε την παραπάνω επιχειρηματολογία; Η ιστορία των επιστημών, όπως και σχεδόν όλες οι ανθρωπιστικές και κοινωνικές επιστήμες, δεν αρχίζουν τον προβληματισμό τους από μία ιδεατή και ουδέτερη μηδενική βάση. Αφετηρία πολλές φορές στον προβληματισμό μας είναι οι αδιαμόρφωτες ιδέες που έχουμε, οι πεποιθήσεις που έχουμε μετά από αποσπασματικές αναγνώσεις της ιστορίας, οι απόψεις που δεν έχουν επαρκώς ελεγχθεί, οι «αλήθειες» που νομίζουμε ισχύουν, αλλά στη συνέχεια συνειδητοποιούμε ότι αποτελούν τις προκαταλήψεις μας, και οι διάφορες ιδεοληψίες που έχουμε λόγω των γενικότερων ιδεολογικών, κοινωνικών και πολιτικών μας δεσμεύσεων. Γι' αυτό και επιδιώκουμε να «ξανανοήσουμε» ερωτήματα που έχουν ήδη συζητηθεί και προβληματισμούς που έχουν ήδη διερευνηθεί, αφού με αυτούς τους τρόπους αποσαφηνίζονται και οι αφετηριακές μας υποθέσεις.

Δικαιολογημένα θα αναρωτιέστε τα εξής: Αφού από τα παραπάνω φαίνεται ότι μπορούν να προκύψουν πολλές και, πολλές φορές, αλληλοσυγκρουόμενες απαντήσεις, είναι αντικειμενικές οι απαντήσεις στην ιστορία της επιστήμης; Δε θα πρέπει, κάποτε έστω, να καταλήξουμε σε μία ενιαία αφήγηση και ερμηνεία, η οποία θα είναι η «επίσημη» και «αντικειμενική»; Μία τέτοια ερώτηση κρύβει μία παραδοχή: ότι είναι δυνατό να συγκροτηθεί η ιστορία της επιστήμης, ότι είναι δυνατό, με άλλα λόγια, να εκφραστεί το παρελθόν μέσα από μία και μόνο αφήγηση και ερμηνεία, ότι η αλήθεια του παρελθόντος μπορεί να εκφραστεί μέσα από μία ενιαία αφήγηση και ερμηνεία. Υπάρχουν πράγματι μεμονωμένα περιστατικά όπου αυτό είναι δυνατό να γίνει. Αλλά στη συντριπτική πλειονότητα των περιπτώσεων δεν είναι δυνατό να εκφράσουμε την αλήθεια του παρελθόντος, παρά μόνο μέσα από πολλαπλές —συχνά και αντιφατικές μεταξύ τους— αφηγήσεις και ερμηνείες να αναδεικνύουμε πολλές αλήθειες των διαφορετικών πτυχών ενός φαινομένου ή γεγονότος, που συμβάλλουν στο διηνεκές στη διαμόρφωση μιας ενιαίας εικόνας. Η πρόκληση για τους ιστορικούς της επιστήμης δεν είναι να προσπαθήσουν να αναδείξουν την αλήθεια του παρελθόντος,

αλλά κάθε φορά να αναζητήσουν τρόπους ώστε να αναδείξουν νέες πτυχές του παρελθόντος που δεν υποψιαζόμασταν ότι υπήρχαν, να αναδείξουν πρόσθετες κρυμμένες αλήθειες. Το παρελθόν δεν είναι η ενιαία και φαρδιά κοίτη ενός ορμητικού ποταμού που μας προβάλλεται απολύτως «τακτοποιημένο», όπως θα το βλέπαμε από μεγάλο ύψος, αλλά μοιάζει πολύ περισσότερο με τα μυριάδες μικρά ρυάκια που το απαρτίζουν και που όσο πιο κοντά πας να εξετάσεις την κοίτη τόσο πιο πολλά και περίπλοκα γίνονται. Έτσι οι ιστορικοί της επιστήμης θα ισχυριστούν ότι δεν είναι δυνατό να υπάρχει η ιστορία της επιστήμης παρά μόνο πολλές ιστορίες των επιστημών. Και αυτή η διαπίστωση δεν υποδηλώνει έναν υποκειμενισμό —ότι δηλαδή κάθε άτομο που γράφει για κάποιο θέμα στην ιστορία της επιστήμης έχει τη δική του προσωπική άποψη. Αντίθετα, δηλώνει ότι η ιστορία μόνο έτσι μπορεί να γίνει αντικειμενική, όταν αναδεικνύει πολλές συμπληρωματικές αλήθειες ή νέες αλήθειες ως πιο επεξεργασμένες εκφράσεις αρχικών προσεγγίσεων. Και είναι αυτή η συγκεκριμένη πρακτική που ενισχύει την κριτική, ως μία διαδικασία ελέγχου της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων της έρευνας. Ας υπενθυμίσουμε ότι μία επιστημονική κοινότητα — άρα και η κοινότητα των ιστορικών της επιστήμης— έχει διαμορφώσει και συναινέσει στα κριτήρια που χρησιμοποιεί για να ελέγξει και να κρίνει την εγκυρότητα μιας νέας ερμηνείας. Και με αυτό τον τρόπο οι νέες ερμηνείες νομιμοποιούνται, χωρίς αυτό να σημαίνει πως όλα τα μέλη της κοινότητας πιστεύουν σε όλες ανεξαιρέτως τις ερμηνείες. Οι συγκεκριμένες προσωπικές προτιμήσεις δε σημαίνει πως δε θα πρέπει —στο πλαίσιο του συνολικού προβληματισμού της κοινότητας— να μη συνυπάρχουν με άλλες, ενδεχομένως και αλληλοσυγκρουόμενες, ερμηνείες.

Ας επανέλθουμε όμως σε αυτά που λέγαμε παραπάνω. Για ποιο λόγο να ξαναθέσουμε ερωτήματα που έχουν ήδη απαντηθεί; Η απάντηση εδώ σχετίζεται με την *ιστορία* της ιστορίας της επιστήμης: Δεν υπάρχουν «κλειστά» και «τελειωμένα» θέματα ούτε και ερωτήσεις, οι απαντήσεις των οποίων εγγυώνται ότι δε θα «ξανανοίξει» το θέμα. Οι νέες έρευνες φέρνουν στην επιφάνεια νέα στοιχεία, μελετούν σε βάθος άλλες παρεμφερείς καταστάσεις και χαρακτήρες που διαδραμάτισαν πρωτεύοντα ή δευτερεύοντα ρόλο στη ζωή κάποιου ατόμου, αποσαφηνίζουν τον κοινωνικό του περίγυρο κτλ. Κάποια στιγμή συνειδητοποιούμε ότι οι νέες έρευνες για θέματα διαφορετικά από αυτά που μελετάμε μας παρέχουν αρκετό υλικό για να δούμε διαφορετικές πλευρές του προβλήματος που θέτει η συγκεκριμένη ερώτηση και για την οποία δεν είχαμε τα απαραίτητα εφόδια πριν από τα νέα στοιχεία και τις νέες έρευνες. Έτσι ξαναπάμε στην αρχή της λίστας με τα ερωτήματα, προσπαθούμε να διατυπώσουμε νέες, συχνά συμπληρωματικές απαντήσεις στηριζόμενοι στις παλιές αλλά και στα νέα στοιχεία όπως και στις νέες έρευνες. Και θα συνεχίζεται αυτή η διαδικασία, να επα-



νερχόμαστε στα ερωτήματα που είχαμε θέσει και απαντήσει ικανοποιητικά με τα δεδομένα της περιόδου όταν γινόταν η συγκεκριμένη διερεύνηση. Θα σταματήσει κάποτε αυτή η επάνοδος; Δε νομίζω να γίνει κάτι τέτοιο στο άμεσο τουλάχιστον μέλλον, αφού σίγουρα οι νέες μελέτες μάς οδηγούν στην επαναδιατύπωση των ερωτημάτων και στην προσθήκη νέων ερωτημάτων που δεν είχαμε καν σκεφτεί. Π.χ. οι συζητήσεις και οι μελέτες της δεκαετίας του 1960 οδήγησαν στη μελέτη της ρητορικής των επιστημονικών κειμένων. Σιγά σιγά αρχίσαμε να πειθόμαστε πως η ρητορική έπαιξε σημαντικό ρόλο στην καθιέρωση και αποδοχή ακόμη και των επιστημονικών θεωριών. Η συμβολή των γυναικών είχε αγνοηθεί για πάρα πολλά χρόνια πιστεύοντας ότι οι γυναίκες δεν είχαν παίξει κανένα ρόλο στις διαδικασίες πραγμάτωσης του επιστημονικού φαινομένου. Και όμως αυτή η προκατάληψη ανατράπηκε μετά από νέες μελέτες με βάση στοιχεία τα οποία ανέκαθεν υπήρχαν και στα οποία δεν είχαμε δώσει τη δέουσα βαρύτητα!

## 1.8 Επιχειρήματα

Εδώ θα ήθελα να τονίσω τη μεγάλη σημασία που έχουν τα επιχειρήματα και η συνοχή τους στο κατά πόσο γίνεται αποδεκτή μία απάντηση ή ερμηνεία, όπως επίσης στον τρόπο με τον οποίο θα γίνει η όποια κριτική αποτίμηση της απάντησης. Όπως μπορούμε να διακρίνουμε και από τα ερωτήματα που έχουμε διατυπώσει, υπάρχει μία τάση να κατανοήσουμε ένα συγκεκριμένο γεγονός ή να διερευνήσουμε ένα πρόβλημα σε σχέση με ένα όσο γίνεται ευρύτερο περιβάλλον. Και όταν μιλάμε για την κατανόηση του συγκεκριμένου γεγονότος δε μιλάμε τόσο πολύ για τον εντοπισμό των αιτίων που το προκάλεσε, όσο για την ανάδειξη των συσχετισμών ανάμεσα στα πολλά γεγονότα του ευρύτερου περιβάλλοντος και του συγκεκριμένου γεγονότος. Η προτίμηση να εντοπίζουμε συσχετισμούς και όχι να αναζητούμε κάθε φορά τις αιτίες ενός φαινομένου μάς παρέχει μια μεγαλύτερη ευελιξία, μας επιτρέπει να είμαστε πιο τολμηροί στις αναζητήσεις μας και μας απομακρύνει από σχήματα ιστορικής αιτιοκρατίας που υπονοούν καταλήξεις του τύπου «αργά ή γρήγορα κάτι τέτοιο θα γινόταν». Θα προσέξατε προφανώς ότι δεν αποκλείουμε την αναζήτηση αιτίων αλλά πως επιχειρηματολογούμε εναντίον της άποψης που θεωρεί πως η αναζήτηση αιτίων πρέπει να είναι η αποκλειστική ενασχόληση των ιστορικών της επιστήμης.

Σε αυτό το σημείο μπορούμε να κάνουμε και κάποια σχόλια σχετικά με τον οικονομικό και πολιτισμικό περίγυρο της επιστήμης. Δε θα επιχειρήσουμε να εμπλακούμε στην αδιέξοδη διαδικασία να ορίσουμε τι συνιστά το πολιτισμικό περιβάλλον. Εκείνο που θα πρέπει να τονιστεί εδώ είναι πως και η επιστήμη είναι μέρος αυτού του πολιτισμικού πλαισίου έχοντας —όπως εξάλλου και άλλες δραστηριότητες— τη δική

της σχετική αυτονομία. Το θέμα του οικονομικού περιγυρου είναι, παραδοσιακά, και το θέμα που συχνά επηρεάζει τη μελέτη της ιστορίας των επιστημών και κυρίως της τεχνολογίας. Συχνά εμφανίζεται ένα ιδιαίτερα «βολικό» σχήμα: κοινωνικές ανάγκες—τεχνολογική απάντηση—επιστημονική σύνθεση των εμπειρικών επινοήσεων. Αλλά και το αντίστροφο σχήμα φαίνεται επίσης βολικό: περιέργεια για τη λειτουργία της φύσης —επιστημονικές θεωρίες— εφαρμογή τους για να αντιμετωπιστούν οι ανάγκες της κοινωνίας. Βεβαίως, σχεδόν πάντοτε τα βολικά σχήματα είναι εκείνα τα οποία δυσκολεύουν την ουσιαστική κατανόηση της ιστορίας. Στη μελέτη των σχέσεων της επιστήμης με τον οικονομικό και πολιτιστικό περίγυρο δε θα πρέπει να παγιδευτούμε σε διλημματικές καταστάσεις του τύπου «είναι η οικονομία η βάση των επιστημονικών εξελίξεων;» ή «οι διανοητικές διεργασίες είναι ανεξάρτητες από το περιβάλλον;». Χρησιμοποιώντας την έννοια των συσχετίσεων αποφεύγουμε τα διλήμματα, προσδιορίζουμε αλλού περισσότερο και αλλού λιγότερο αυστηρά αιτιακές σχέσεις και εντοπίζουμε συνυπάρξεις, συμβολές και συνδρομές.

Ορισμένες φορές και ανάλογα με τα προβλήματα που μελετάμε, είμαστε υποχρεωμένοι να αναπτύξουμε μία επιχειρηματολογία που να βασίζεται περισσότερο στη φιλοσοφία παρά στην ιστορία. Μπορεί να βασίζεται στη φιλοσοφία της επιστήμης περισσότερο από την ιστορία. Μπορεί, τέλος, να βασίζεται στην κοινωνιολογία παρά στην ιστορία. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται έννοιες και τεχνικές από την ψυχανάλυση και από την ανθρωπολογία. Η ιστορία της επιστήμης είναι ένας διεπιστημονικός κλάδος, όπου η ανάπτυξη του δικού της αυτόνομου λόγου πραγματοποιήθηκε μέσα από τη σχέση της με τη φιλοσοφία της επιστήμης, με την κοινωνιολογία της γνώσης, με την ανθρωπολογία και, προφανώς, μέσα από την προνομιακή της σχέση με την ιστορία και τις γόνιμες συζητήσεις για την ιστοριογραφία.

### 1.9 Οι μύθοι

Όπως πολλοί άλλοι κλάδοι έτσι και η ιστορία της επιστήμης έχει τους δικούς της μύθους. Δεν είναι οι μύθοι αυτοί απόψεις που συμμερίζονται οι επαγγελματίες του κλάδου ούτε καν τα άτομα που έχουν, με κάποιο έστω και επιφανειακό τρόπο, ασχοληθεί σοβαρά με την ιστορία της επιστήμης. Είναι όμως μύθοι που πολλά άτομα μερικές φορές και επιστήμονες, πιστεύουν για την ιστορία της επιστήμης. Καταρχήν υπάρχουν οι σχετικά ανώδυνοι μύθοι: Το κάψιμο του εχθρικού στόλου από τον Αρχιμήδη, ότι ο Γαλιλαίος μετά τη δίκη είπε χαμηλόφωνα «και όμως γυρνάει», ότι ο Νεύτωνας διατύπωσε τη θεωρία της παγκόσμιας έλξης όταν είδε ένα μήλο να πέφτει, ότι ο Αϊνστάιν δεν ήταν καλός μαθητής στα μαθηματικά κτλ. Πολλές φορές οι μύθοι δημιουργούνται, επειδή προσδίδουν ένα στοιχείο ηρωισμού στους (αναμφισβήτη-

τους) πρωταγωνιστές των εξελίξεων. Άλλες φορές προϋποθέτουμε ορισμένες «αρχές» και συμπεράσματα, τα οποία θεωρούμε ως προφανή και δεδομένα και τα οποία σιγά σιγά ενσωματώνονται στην ιστορική αφήγηση και μετατρέπονται σε μύθους. Υπάρχουν όμως και οι «επικίνδυνοι» μύθοι: Ότι ο Μεσαίωνας ήταν οι σκοτεινοί χρόνοι όπου δεν είχε γίνει τίποτα το εποικοδομητικό, ότι η μαγεία και γενικά άλλες «μη ορθολογικές» παραδόσεις δεν έπαιζαν κανένα θετικό ρόλο στην εξέλιξη της επιστήμης, ότι η θρησκεία και η επιστήμη πάντοτε και σε όλα τα μέρη ήταν αντίπαλοι λόγοι και —συναφές με αυτό— ότι οι επιστήμονες στην ιστορία των κοινωνιών ήταν οι αποκλειστικοί φορείς της προόδου, ενώ η Εκκλησία μόνιμα αντιδρούσε σε ο,τιδήποτε καινούργιο, ότι ο χριστιανισμός παρά τις αρχικές αντιδράσεις προώθησε τις επιστήμες, ενώ το Ισλάμ τις εμπόδιζε κτλ.

Στις περιπτώσεις των ανώδυνων μύθων υπάρχει πάντοτε κάτι το αληθές, στο οποίο όμως δίνεται μεγάλη έκταση: Σχεδόν σίγουρα ο Αρχιμήδης χρησιμοποίησε καθρέφτες για να δείξει ότι μπορούν να συσσωρευτούν οι ηλιακές ακτίνες και να προκαλέσουν φωτιά. Ο Γαλιλαίος στην τελευταία του εμφάνιση στη δίκη του 1633 ομολόγησε ότι το «είχε παρακάνει». Ο πρώτος βιογράφος και φίλος του Νεύτωνα, ο John Conduitt, μας διηγείται την ιστορία με το μήλο. Ο Αϊνστάιν αδιαφορούσε και βαριόταν για πολλά από τα μαθήματα —όχι όμως για τα μαθηματικά. Δεν ήταν λοιπόν πολύ δύσκολο να δημιουργηθούν οι μύθοι σε συνδυασμό με διάφορα ιδεολογήματά μας: Θέλουμε γενικά τις διάνοιες, όπως ο Αρχιμήδης, να μπορούν να μας έχουν λύσεις για όλα τα προβλήματά μας. Θέλουμε τους ήρωές μας, όπως ο Γαλιλαίος, να μην τα βάζει κάτω, ακόμη και κάτω από αντίξοες συνθήκες. Θέλουμε τους μεγαλοφυείς, όπως ο Νεύτωνα, να εμπνέονται με αυτά που εμείς οι κοινοί θνητοί βλέπουμε καθημερινά και δεν καταλαβαίνουμε τα βαθύτερα μηνύματα που μας στέλνουν. Θέλουμε οι μοναδικές προσωπικότητες, όπως ο Αϊνστάιν, να είναι προικισμένες από κάποια θεία πρόνοια, ώστε να μην τους είναι εμπόδιο στη δημιουργικότητά τους οι συμβατικοί θεσμοί και οι συνήθεις διαδικασίες, τις οποίες όλοι οι υπόλοιποι πρέπει να υποστούμε.

Οι «επικίνδυνοι» όμως μύθοι εκφράζουν πολύ πιο βαθιά εδραιωμένες προκαταλήψεις, ιδεολογικές δεσμεύσεις και πολιτικές θέσεις. Η Αναγέννηση ως περίοδος νέου ξεκινήματος —το λέει και ο όρος ανα-γέννηση— νοηματοδοτείται εν πολλοίς σε αντίθεση με ένα κατασκεύασμα και που είναι το τέλμα στο οποίο μας οδηγούσε ο Μεσαίωνας. Η κυριαρχία του ορθού λόγου κυρίως μετά το 17ο αιώνα συνδυάστηκε και με την κυριαρχία του δυτικοευρωπαϊκού τρόπου ζωής και οργάνωσης της κοινωνίας και από την ανάγνωση του παρελθόντος αποσιωπήθηκαν οι ευεργετικές διαστάσεις της αλχημείας και των ερμητικών κειμένων. Οι επεξεργασίες του Αυγουστίνου και του Ακινάτη, όπως και του Φιλόπονου, οι οποίοι προσπάθησαν να συγκε-

ράσουν την έννοια του παντοδύναμου θεού με τις αριστοτελικές απόψεις, η υποστήριξη πολλών θεολόγων και ιερέων στις νέες επιστημονικές ιδέες και η λυσσαλέα πολλές φορές αντίθεση φιλοσόφων και επιστημόνων σε αυτές τις ιδέες μάς προβάλλουν μια πολύ πιο σύνθετη εικόνα των θεσμών. Τέλος, θα ήταν περίεργο να μη θεωρούσαμε πως οι χριστιανοί είμαστε ανώτεροι των μουσουλμάνων, πως όλα τα καλά οφείλονται στην εργατικότητα και ειλικρίνεια των δυτικοευρωπαίων χριστιανών και πως οι τεμπέληδες και πονηροί άραβες δεν ήταν δυνατό να είχαν καμία συμβολή στον πολιτισμό. Συχνά βέβαια θεωρούμε πως τόσο αφελείς θέσεις δε θα εκφράζονται σε επιστημονικά συγγράμματα, και αυτό ισχύει πολλές φορές. Αλλά είναι επίσης εντυπωσιακό πόσο διαδεδομένες είναι αυτές οι απόψεις και πώς εκφράζονται μέσα από θεωρήσεις του παρελθόντος.

Έτσι λοιπόν και η ιστορία της επιστήμης σκοπεύει μέσα στους δικούς της ιδεολογικούς και παιδευτικούς στόχους να εκθέσει και εξαλείψει τέτοιες προκαταλήψεις, να συμβάλει στην απομυθοποίηση πολλών ιστορικών γεγονότων, να αφαιρέσει το «ηρωικό» στοιχείο από την αφήγηση της ιστορίας των επιστημών και της τεχνολογίας και να συμπεριλάβει το επιστημονικό φαινόμενο ως τμήμα της πολιτισμικής παράδοσης των κοινωνιών.

### Σύνοψη

*Το κεφάλαιο αυτό αποτελεί μία εισαγωγή για το χαρακτήρα του κλάδου της ιστορίας των επιστημών και τις μεθόδους με τις οποίες μελετάμε την ιστορία της φυσικής και της χημείας. Συζητάμε την εγγενή δυσκολία που υπάρχει στο να συμπεριλάβουμε την ιστορία στα βιβλία φυσικής ή χημείας και τη σημασία των λάθος θεωριών του παρελθόντος. Η διατύπωση ερωτημάτων και οι προσπάθειες να βρεθούν απαντήσεις αποτελεί τη σημαντικότερη δραστηριότητα των ιστορικών της επιστήμης και προχωράμε στη συστηματική διατύπωση διάφορων ερωτημάτων για καθεμία από τις μεγάλες περιόδους, σχολιάζοντας τη μεθοδολογία που χρησιμοποιούμε. Αναφερόμαστε στα είδη των τεκμηρίων που χρησιμοποιούν οι ιστορικοί και υπογραμμίζουμε το ρόλο των επιχειρημάτων και όχι μόνο των τεκμηρίων στη στοιχειοθέτηση των απαντήσεων που συχνά οδηγούν σε διαφορετικές ερμηνείες.*

## Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης

(Ορισμένα σχόλια, που βοηθάνε στην ανεύρεση της πληρέστερης επεξεργασίας των ερωτημάτων, γράφονται με πλάγια γράμματα.)

1. Τι είναι η ιστορία των επιστημών;

*Να κατανοηθεί η σημασία της φράσης που αναφέρει τις προσπάθειες των ανθρώπων του παρελθόντος κτλ.*

2. Γιατί δε θα έπρεπε να ερμηνεύουμε το παρελθόν των επιστημών με βάση τις σημερινές μας πεποιθήσεις;

*Ιδιαίτερα επειδή τότε είναι πολύ δύσκολο να καταλάβουμε τι πίστευαν οι άνθρωποι του παρελθόντος γενικότερα και άρα θα είναι σχεδόν αδύνατη η κατανόηση της αλήθειας στην οποία θεωρούσαν ότι είχαν καταλήξει.*

3. Τι νόημα έχει η μελέτη των παλιών και λάθος θεωριών;

*Η λέξη λάθος δεν είναι μία λέξη διαχρονική ούτε και αχρονική. Πολλές φορές αυτό που είναι για εμάς σήμερα λάθος, για πολλούς στο παρελθόν ήταν αληθινό.*

4. Αναλύστε περισσότερο την άποψη πώς, γνωρίζοντας το παρόν και τις αλήθειες του, θα κατανοήσει κανείς το παρελθόν ως αληθές παρόν του παρελθόντος.

5. Τι σημαίνει η τοπικότητα στην επιστήμη;

*Η αναζήτηση της ιδιαιτερότητας των σχολών που συνίσταται στη μελέτη των διαφορετικών πρακτικών τους (άλλες έδιναν μεγαλύτερο βάρος στο πείραμα, άλλες στη θεωρία) είναι ένα από τα αποτελέσματα που είχε η ανάδειξη της τοπικότητας στην έρευνα στην ιστορία των επιστημών.*

6. Γιατί δεν είναι δυνατό να παρουσιάζεται με ικανοποιητικό τρόπο η ιστορία των επιστημών στα επιστημονικά διδακτικά συγγράμματα;

7. Ποιος είναι ένας από τους τρόπους με τον οποίο οι ιστορικοί θέτουν ερωτήματα; Ποια είναι η «λογική» που εκφράζει αυτός ο τρόπος; Μπορείτε να προτείνετε έναν άλλο διαφορετικό τρόπο; Διατυπώστε ερωτήματα γύρω από ένα θέμα που εσείς θα επιλέξετε.

*Βέβαια, μπορείτε να ακολουθήσετε μία δική σας λογική, όπως π.χ. αν σας ενδιαφέρει αποκλειστικά η εσωτερική δομή των κειμένων. Π.χ.: Ποια είναι η δομή που ακολουθεί ο Γαλιλαίος στους Διαλόγους...; Πόσο αναφέρεται σε κείμενα των αρχαίων; Πόσο αναφέρεται σε κείμενα λογίων του Μεσαίωνα; Ποια είναι η ρητορική στρατηγική του Γαλιλαίου σε αυτό του το έργο; Είναι δίκαιος απέναντι στους αντιπάλους του; Τι το καινούργιο φέρνει; Υπάρχουν χειρόγραφα που να έχουν προγενέστερες μορφές του έργου; Αν ναι, τι έχει απαλείψει;*

8. Ποια είναι τα είδη των τεκμηρίων που μπορεί να συμβουλευτεί ένας ιστορικός της επιστήμης; Σε πόσες κατηγορίες μπορούμε να χωρίσουμε την αλληλογραφία ενός επιστήμονα;
9. Γιατί τα χειρόγραφα που περιέχουν τις αρχικές, λιγότερο επεξεργασμένες εκδόχες ενός δημοσιευμένου έργου έχουν τόση μεγάλη σημασία για τους ιστορικούς της επιστήμης;
10. Ποια είναι η διαφορά ανάμεσα στην αφήγηση ενός συνόλου γεγονότων και της ερμηνείας τους; Υπάρχουν «κλειστά» θέματα στην ιστορία των επιστημών;  
*Ένα πρόσθετο στοιχείο εδώ έχει σχέση και με τις δυνατότητες που μας δίνουν και άλλες επιστήμες στην κατανόηση των προβλημάτων που διερευνούμε. Στην ιστορία της τεχνολογίας π.χ. γίνεται πολύ συχνά χρήση της οικονομικής ιστορίας. Σε πρόσφατες μελέτες μεγάλων εργαστηρίων, όπως του Ευρωπαϊκού Κέντρου Πυρηνικών Ερευνών (CERN), χρησιμοποιούνται αποτελέσματα ερευνών στην κοινωνική ανθρωπολογία.*

## Δραστηριότητες

*Σε πολλές δραστηριότητες δεν υπάρχει μονάχα ένα ερώτημα αλλά πολλά. Σχεδόν πάντοτε αφορούν το ίδιο θέμα και προσδιορίζουν ταυτόχρονα και το πλαίσιο μέσα στο οποίο θα πρέπει να διερευνήσετε το συγκεκριμένο θέμα. Με αυτό τον τρόπο δίνεται και μια έμμεση απάντηση για το πώς πρέπει να αρχίσει κανείς να διερευνά τη συγκεκριμένη δραστηριότητα. Δε δίνονται πρόσθετες διευκρινίσεις για εκείνες τις δραστηριότητες των οποίων η απάντηση εξαρτάται από την ανάγνωση συγκεκριμένων κεφαλαίων της βιβλιογραφίας ή την αναζήτηση πληροφοριών σε εγκυκλοπαίδειες.*

1. Στην υποενότητα 1.4 ξαναδιαβάστε τις ερωτήσεις και προσπαθήστε να σκεφτείτε τι «κρύβεται» πίσω από την κάθε ερώτηση. Αντανακλώνται στις ερωτήσεις υποθέσεις, θέσεις, προκαταλήψεις του ατόμου που διατυπώνει τις ερωτήσεις;  
*Πολλές φορές λέμε ότι δεν υπάρχουν αθώες ερωτήσεις. Με αυτό εννοούμε ότι οι ερωτήσεις εμμέσως θέλουν να κατευθύνουν τη συζήτηση προς μία συγκεκριμένη κατεύθυνση. Άλλα ερωτήματα διατυπώνει κάποιο άτομο που θεωρεί πως οι κοινωνικοί παράγοντες παίζουν κυρίαρχο ρόλο στην κατανόηση της ιστορίας και άλλα αν θεωρεί ότι οι ιδέες είναι κυρίαρχες για την κατανόηση του παρελθόντος.*
2. Σχετικά με αυτά που παρουσιάζονται στην υποενότητα 1.5 σκεφτείτε και άλλα είδη αλληλογραφίας.

3. Η αλληλογραφία —αλλά και ως ένα βαθμό τα χειρόγραφα— είναι κάτι το ιδιωτικό, κάτι που ενδεχομένως ο ερευνητής που μελετάμε να μην ήθελε να τα δει άλλος. Μπορεί να σχεδίαζε να τα καταστρέψει, αλλά να μην πρόφτασε. Από την άλλη μεριά αποτελούν σε ορισμένες περιπτώσεις ανεκτίμητο υλικό. Συζητήστε αυτό το ηθικό δίλημμα και πώς θα το αντιμετωπίζατε, αν για κάτι που θέλατε να μελετήσετε γνωρίζατε πως ο ερευνητής δεν ήθελε να πέσει η αλληλογραφία του σε άλλα χέρια και ταυτοχρόνως γνωρίζατε πως η αλληλογραφία περιείχε πολύ ενδιαφέροντα θέματα που η μελέτη της θα έκανε και εσάς γνωστό ανάμεσα στους ιστορικούς της επιστήμης. Έχετε αποκτήσει διάφορες πληροφορίες από τα διαβάσματά σας για διάφορους διανοητές. Υπάρχουν κάποιοι που θα θέλατε πάρα πολύ να διαβάσετε την αλληλογραφία τους; Γιατί;
4. Ποια άλλα τεκμήρια πιστεύετε ότι είναι σημαντικά στην ιστορία των επιστημών;
5. Τι εννοούμε με «ρητορική» στα επιστημονικά κείμενα;

*Έχει μεγάλη σημασία να κατανοήσετε πως οι διαδικασίες με τις οποίες πείθεται η κοινωνία ή κάποιο τμήμα της να αποδεχτεί μία συγκεκριμένη θεώρηση της φύσης ποικίλλουν, και δεν είναι οι ίδιες για όλες τις περιόδους. Έτσι δίπλα στην πιο τεχνική επιχειρηματολογία που απευθύνεται στους «ειδικούς» αναπτύσσεται και μία γενικότερη επιχειρηματολογία που απευθύνεται σε όσους δεν είναι σε θέση να παρακολουθήσουν τις τεχνικές λεπτομέρειες. Η ρητορική λοιπόν σχετίζεται με αυτή τη γενικότερη «στρατηγική πειθούς».*

6. Από ποιες επιστήμες θα αντλούσαμε υλικό, έννοιες κτλ. για να απαντήσουμε στα εξής ερωτήματα: Τι είναι επιστήμη; Τι συνιστά γνώση; Πώς εδραιώνεται η νέα γνώση; Ποια είναι τα κριτήρια αλήθειας; Πώς επιλύονται οι διαμάχες στην επιστήμη; Αυτοί που μένουν προσκολλημένοι στις παλαιότερες ιδέες είναι παράλογοι;

*Η εξοικείωσή σας με τη φιλοσοφία της επιστήμης θα είναι εξαιρετικά χρήσιμη για να κατανοήσετε τους τρόπους με τους οποίους απαντώνται τέτοια είδη ερωτημάτων.*







## Η Επιστημονική Επανάσταση

### Σκοπός

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι λόγοι για τους οποίους η περίοδος της Επιστημονικής Επανάστασης του 16ου και 17ου αιώνα θεωρείται η σημαντικότερη περίοδος για τη διαμόρφωση της σύγχρονης επιστήμης. Εντοπίζονται οι διαφοροποιήσεις από τους παλαιότερους τρόπους προσέγγισης της φύσης και επικεντρώνουμε σε τρία ιδιαίτερα χαρακτηριστικά θέματα της περιόδου: την επιστημονική κοινότητα, την προτεραιότητα στη διατύπωση των θεωριών και εφεύρεση των οργάνων και τις επιστημονικές διαμάχες. Η παρέμβαση των μη θεολόγων σε θεολογικά ζητήματα, η επαφή σας με ένα από τα κλασικά κείμενα στην ιστορία της επιστήμης (η επιστολή που στέλνει ο Γαλιλαίος στη Δούκισσα Χριστίνα) και η αναλυτική συζήτηση της στρατηγικής που είχε διαμορφώσει ο Γαλιλαίος για τη νομιμοποίηση του ηλιοκεντρικού συστήματος μέσα από τα γεγονότα της δίκης του αποτελούν τους πρόσθετους στόχους του κεφαλαίου και τα θέματα αυτά αναλύονται στα παραρτήματα.

### Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Η μελέτη του συγκεκριμένου κεφαλαίου θα σας δώσει τη δυνατότητα να είστε σε θέση να:

- αποκτήσετε μία σφαιρικότερη εικόνα για τα χαρακτηριστικά της Επιστημονικής Επανάστασης,
- κατανοήσετε το χαρακτήρα της μετάβασης στο νέο τρόπο προσέγγισης της φύσης,
- συζητήσετε κάποια από τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας μιας επιστημονικής κοινότητας και πώς η λειτουργία ενός επιστήμονα γίνεται κατανοητή στο πλαίσιο της κοινότητας,
- συνειδητοποιήσετε ότι συγκεκριμένες κοινότητες ανθρώπων ασκούν εξουσία και δικαιοδοσία σε ανθρώπους και σε ιδέες,
- κατανοήσετε τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται στην ιστορία της επιστήμης έννοιες (όπως αυτές της τακτικής, της στρατηγικής, της διαπραγμάτευσης) που έχουν την αφετηρία τους σε άλλες επιστήμες,
- συνειδητοποιήσετε πως το πρόβλημα του εντοπισμού της προτεραιότητας μιας θεωρίας ή της εφεύρεσης ενός οργάνου δεν είναι μόνο πρόβλημα εντοπισμού της «πρωτιάς» αλλά μιας πολύ πιο περίπλοκης διαδικασίας που σχετίζεται με τη συνολική αποδοχή της θεωρίας ή της λειτουργίας ενός οργάνου,

- κατανοήσετε τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να αναλυθεί η απορία «Γιατί ο Κοπέρνικος δεν αναφέρει την ηλιοκεντρική υπόθεση του Αρίσταρχου, παρά το γεγονός ότι τα στοιχεία μάς πείθουν ότι τη γνώριζε;»,
- εντοπίσετε τον τρόπο με τον οποίο εισάγεται το «σώζειν τα φαινόμενα» όπως και το πρόβλημα της συνέχειας και ασυνέχειας στην ιστορία, με αφορμή τη συζήτηση για θέματα προτεραιότητας,
- κατανοήσετε το χαρακτήρα των επιστημονικών διαμαχών, τις διαφορετικές κατηγορίες τους και τους τρόπους επίλυσης των διαμαχών,
- παρακολουθήσετε τις λεπτομέρειες μιας συγκεκριμένης διαμάχης —για τη *vis viva*— που έχει θεολογικό υπόβαθρο αλλά γίνεται με «επιστημονικούς όρους»,
- διαβάσετε εκτεταμένα αποσπάσματα από ένα κλασικό κείμενο (την επιστολή του Γαλιλαίου στη Δούκισσα Χριστίνα το 1615), όπου επιχειρηματολογεί για το πώς η Καθολική Εκκλησία θα πρέπει —βασισόμενη στις αρχές των Πατέρων της Εκκλησίας— να ερμηνεύει χωρία της Βίβλου που σχετίζονται με το φυσικό κόσμο,
- έχετε την ευκαιρία να παρακολουθήσετε το ζετύλιγμα της σύγκρουσης του Γαλιλαίου με τη νομιμότητα της εποχής του.

### Έννοιες κλειδιά

- η ποιοτική περιγραφή των φαινομένων σε αντιπαράθεση με τη μαθηματική περιγραφή
- οι γενεσιουργές αιτίες των φαινομένων σε αντιπαράθεση με τους νόμους της φύσης
- οι επιδείξεις των φαινομένων σε αντιπαράθεση με τα πειράματα
- επιστημονική κοινότητα
- χαρακτηριστικός λόγος της κοινότητας και νομιμοποίηση της λειτουργίας των μελών της
- τακτική, στρατηγική, διαπραγμάτευση, συμμαχίες ανάμεσα σε μέλη της ίδιας ή διαφορετικών κοινοτήτων
- η προτεραιότητα στη διατύπωση των θεωριών ή την εφεύρεση οργάνων
- επιστημονικές διαμάχες
- *vis – viva*
- η νομιμότητα και οι νέες ιδέες

## Εισαγωγικές παρατηρήσεις

Η περίοδος της Επιστημονικής Επανάστασης είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για την ανάδειξη και κατανόηση ενός συνόλου προβλημάτων στην ιστορία των επιστημών. Σε αυτή την περίοδο έζησαν ο Κοπέρνικος, ο Γαλιλαίος, ο Descartes, ο Kepler και ο Νεύτωνας, τα θεωρητικά έργα και οι πράξεις των οποίων συνέβαλαν αποφασιστικά στην αλλαγή του τρόπου με τον οποίο θα προσεγγίζουμε τη φύση, θα κατανοούμε τον κόσμο γύρω μας και θα έχουμε τρόπους να ελέγχουμε την εγκυρότητα της νέας γνώσης που αποκτούμε. Στις υποενότητες αναλύουμε τα στοιχεία που διαφοροποιούν τη νέα περίοδο από τη σχολαστική παράδοση στη μελέτη της φύσης. Αναφερόμαστε επίσης στη δημιουργία της επιστημονικής κοινότητας, στις διαμάχες και στα χαρακτηριστικά τους και στα προβλήματα που σχετίζονται με την προτεραιότητα στη διατύπωση των θεωριών και την εφεύρεση των οργάνων. Παρουσιάζουμε με συντομία τα μεγάλα πολιτικά και κοινωνικά γεγονότα του 16ου και 17ου αιώνα (Μεταρρύθμιση, Τριακονταετής Πόλεμος, Εμφύλιος Πόλεμος στην Αγγλία και Σφαγή της Νύχτας του Αγίου Βαρθολομαίου), αφού οι επιστήμες προχώρησαν στη ρήξη με το παρελθόν μέσα στο πλαίσιο που επηρεάστηκε από και επηρέασε αυτά τα γεγονότα. Προφανώς, για μία τόσο σύνθετη περίοδο, δεν είναι δυνατό να υπάρχει μία μόνο ιστοριογραφική παράδοση και δίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών απόψεων. Στο πρώτο παράρτημα παραθέτουμε ένα από τα κλασικά κείμενα. Είναι η επιστολή του Γαλιλαίου στη Δούκισσα Χριστίνα γραμμένη το 1615, όπου αναφέρεται στο πολύ σημαντικό για την εποχή πρόβλημα της ερμηνείας των γραφών και τις νέες αστρονομικές ανακαλύψεις. Στο δεύτερο παράρτημα αναφερόμαστε στη δίκη του Γαλιλαίου και τη σημασία του αρχαιακού υλικού για την πληρέστερη κατανόησή της. Στο τρίτο παράρτημα παραθέτουμε τις λεπτομέρειες μιας επιστημονικής διαμάχης.

## 2.1 Η σημασία της Επιστημονικής Επανάστασης του 16ου και 17ου αιώνα

Η σημαντικότερη ίσως περίοδος για την κατανόηση πολλών ιστορικών αλλά και ιστοριογραφικών θεμάτων στην ιστορία των επιστημών είναι η περίοδος που αποκαλούμε Επιστημονική Επανάσταση. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται συμβατικά για την περίοδο των περίπου 150 ετών από τη δημοσίευση του έργου του Κοπέρνικου *De Revolutionibus Orbium Celestium* (Περί της Περιστροφής των Ουράνιων Σφαιρών) το 1543 μέχρι τη δημοσίευση του έργου του Νεύτωνα *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Οι Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας) το 1687.

Στη διάρκεια της Επιστημονικής Επανάστασης διαμορφώθηκε ένας νέος τρόπος σκέψης μεταμορφώνοντας συνολικά τους τρόπους μελέτης της φύσης. Το ιδιαίτερα «περίεργο» είναι πως αυτές οι μεταμορφώσεις γίνονται χωρίς την ανακάλυψη νέων φαινομένων και την εφεύρεση νέων οργάνων. Ο Herbert Butterfield, στο βιβλίο του *Η καταγωγή της σύγχρονης επιστήμης, 1300–1800* —που είναι ένα από τα κλασικά βιβλία του κλάδου— εκφράζει αυτή την κατάσταση με τον καλύτερο και κατηγορηματικότερο τρόπο.

Ένα από τα παράδοξα της όλης ιστορίας με την οποία θα ασχοληθούμε είναι ότι το πιο θεαματικό βήμα προς την επιστημονική επανάσταση στην αστρονομία έγινε πολύ πριν από την ανακάλυψη του τηλεσκοπίου... Ο William Harvey άνοιξε νέους δρόμους στη φυσιολογία με τη μελέτη της λειτουργίας της καρδιάς, υπαινίχτηκε μία ή δύο φορές ότι χρησιμοποίησε μεγεθυντικό φακό, όμως έκανε την επαναστατική του εργασία προτού υπάρξει οποιοδήποτε είδος εύχρηστου μικροσκοπίου. Σε σχέση με τη μεταμόρφωση της επιστήμης της μηχανικής είναι αξιοσημείωτο το πόσο ακόμη και ο Γαλιλαίος συζητά τα συνήθη φαινόμενα της καθημερινής ζωής... με τρόπο που συνηθίζοταν από καιρό. Στην πραγματικότητα θα βρούμε ότι στην ουράνια και τη γήινη φυσική... η αλλαγή επέρχεται στην αρχή *όχι από νέες παρατηρήσεις ή πρόσθετες μαρτυρίες αλλά από μεταθέσεις εννοιών στο πνεύμα των επιστημόνων... Από όλα τα είδη πνευματικής δραστηριότητας το δυσκολότερο να εμφοσηθεί... είναι η τέχνη του χειρισμού της ίδιας ομάδας δεδομένων όπως πρωτότερα, τοποθετώντας τα όμως σ' ένα καινούργιο σύστημα σχέσεων μεταξύ τους, δίνοντάς τους ένα διαφορετικό πλαίσιο, πράγμα που είναι σαν να έχεις προσωρινά ένα διαφορετικό μηχανισμό σκέψης.* (Δική μας έμφαση) (Σελ. 13–14).

Η κριτική κυρίως στα οντολογικά στοιχεία του αριστοτελισμού, στα μεθοδολογικά στοιχεία του σχολαστικισμού, στην ερμηνεία των φυσικών φαινομένων με αποκλειστικό κριτήριο τις γραφές και η εναντίωση στην ύπαρξη μιας «επίσημης» ερμη-

νείας των φυσικών φαινομένων, που φορέας της είναι η Εκκλησία, αποτελούν τα συστατικά στοιχεία μιας συνειδητής στρατηγικής που οδήγησε στη συγκρότηση της σύγχρονης επιστημονικής κοινότητας στην Ευρώπη και στην πραγμάτωση του καταστατικού της λόγου. Γιατί όμως η περίοδος της Επιστημονικής Επανάστασης είναι τόσο σημαντική για την ιστορία των επιστημών και κυρίως της φυσικής και της αστρονομίας; Ας προσπαθήσουμε να απαριθμήσουμε κάποιους λόγους.

Στη διάρκεια της Επιστημονικής Επανάστασης και μέσα από πολύπλευρες διαδικασίες διατυπώθηκαν και στη συνέχεια νομιμοποιήθηκαν οι νέοι κανόνες άσκησης της φυσικής. Εκεί που παλαιότερα αναζητούσαμε τις γενεσιουργές αιτίες των φαινομένων, τώρα θα έπρεπε να αναζητάμε τους νόμους της φύσης που διέπουν τα φαινόμενα. Εκεί που παλαιότερα η ποιοτική περιγραφή των χαρακτηριστικών ενός φαινομένου ήταν επαρκής και τα θεωρητικά σχήματα πρότειναν ερμηνείες αυτών των ποιοτικών χαρακτηριστικών, τώρα η όποια περιγραφή θα έπρεπε να γίνεται με την ακριβή γλώσσα των μαθηματικών. Εκεί που παλαιότερα υπήρχαν επιδείξεις των φαινομένων για να εντοπιστούν τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά, τώρα θα έπρεπε να σχεδιάζονται πειράματα, τα οποία να μπορούν να επαναληφθούν και στα οποία να μπορούν να γίνονται ακριβείς μετρήσεις. Πειράματα δε γίνονται μόνο για να «επιβεβαιωθούν» ή να «διαψευστούν» θεωρίες, αλλά και για να πραγματοποιηθούν οι ακριβείς μετρήσεις που αναδεικνύουν νέα φαινόμενα, νέα χαρακτηριστικά γνωστών φαινομένων κτλ. Στη διαμόρφωση του νέου επιστημονικού λόγου το καίριο δεν ήταν μονάχα η κυρίαρχη θέση του πειράματος αλλά η σημασία των αριθμών στην πειραματική διαδικασία και άρα ο ορισμός ενός «αντικειμενικού» πεδίου όπου θα ήταν δυνατό να αναμετρηθούν τα πάντα. Η πειραματική πρακτική αποκτά ένα δημόσιο χαρακτήρα, «απευθύνεται» σε πολλούς και «προσκαλεί» πολλούς να εμπλακούν σε ανάλογες διαδικασίες, συμβάλλοντας αποφασιστικά στην αλλαγή νοοτροπίας ότι μόνο λίγοι είναι μνημένοι και (πρέπει να;) γνωρίζουν τα μυστικά της φύσης. Αυτός ο δημόσιος χαρακτήρας των πειραμάτων διαμορφώνει τους όρους και τους κανόνες διαφωνίας και επίλυσης των διαφωνιών και συμβάλλει στη δημιουργία του πλαισίου συναίνεσης της επιστημονικής κοινότητας για τους όρους αυτούς. Έτσι η πειραματική πρακτική, εκτός από τα νέα γνωσιοθεωρητικά χαρακτηριστικά που εισάγει, αποκτά και έναν αποφασιστικό κοινωνικό ρόλο, αφού συναινετικά πια οικοδομείται το πλαίσιο που διαγράφει τη συνοχή της επιστημονικής κοινότητας.

Η νέα φυσική φιλοσοφία —όπως αποκαλείται το τμήμα της φιλοσοφίας που πραγματεύεται τα φυσικά φαινόμενα— διαμορφώνει νέους κανόνες άσκησης της και άρα αναδεικνύονται νέα κριτήρια ελέγχου και εγκυρότητας των προτάσεων της. Η φυσική φιλοσοφία διαφοροποιείται από τη φιλοσοφία και αυτονομείται από τη θεολογία:

Αληθινό δεν είναι πια ό,τι φαίνεται «λογικό και φυσιολογικό» ούτε και αποκτά μία ιδιαίτερη σημασία ο,τιδήποτε ανταποκρίνεται στις επιταγές κάποιων μεταφυσικών αρχών, όπως το ότι οι κυκλικές τροχιές είναι τέλειες και *άρα πρέπει* να είναι οι πραγματικές τροχιές των (τέλειων) ουράνιων σωμάτων. Δεν αναζητούνται οι αρχικές αιτίες που δημιουργούν τα φαινόμενα, ούτε και οι όποιες αναφορές στις Γραφές σχετικά με τη δομή της φύσης θεωρούνται πως αποτελούν αναπότρεπτες αλήθειες.

Όλα αυτά στοιχειοθετούν τη ρήξη με την αρχαιότητα. Αν θέλουμε να κυριολεκτήσουμε, η ρήξη έγινε με την αριστοτελική φιλοσοφική παράδοση, όπως αυτή διαμορφώθηκε στη διάρκεια του Μεσαίωνα. Μετά το τέλος του 16ου αιώνα, οι νέες απόψεις για την κίνηση, το νέο είδωλο του σύμπαντος, αλλά κυρίως ο νέος τρόπος θέασης της φύσης, όπου η έμφαση τώρα είναι στους νόμους που διέπουν τα φαινόμενα και που μπορούν να εκφραστούν με τη γλώσσα των μαθηματικών, έρχονται σε πλήρη αντίθεση με πολλά από τα συστατικά στοιχεία του αριστοτελισμού. Ήδη όμως από το 15ο αιώνα συνυπάρχουν στο χώρο των ιδεών και άρα επηρεάζουν την κυρίαρχη κουλτούρα ο νεο-πλατωνισμός, οι πυθαγόρειες ιδέες και η ερμητική παράδοση. Ο μυστικισμός ήταν αισθητά παρών σε αυτά τα συστήματα ιδεών. Ο αριστοτελισμός είχε αρχίσει να δέχεται κριτική και, όταν άρχισαν να διατυπώνονται οι νέες ιδέες για τη φύση, το γενικότερο κλίμα ευνόησε την ανοχή και άλλων απόψεων που δεν ανήκαν στενά στο αριστοτελικό σύστημα. Δεν ήταν τόσο η άμεση κριτική στον αριστοτελισμό που συνέβαλε στην υπονόμευση της *πλήρους* κυριαρχίας του, όσο το γεγονός ότι στο πεδίο των ιδεών υπήρχαν αυτά τα υπόλοιπα ρεύματα. Το κλίμα αυτό ενισχύθηκε και από το ρεύμα του ουμανισμού, που έδινε τόση μεγάλη έμφαση στην εκπαίδευση, στην καλλιέργεια της κριτικής και στην ενίσχυση της προσωπικής αυτονομίας και ανεξαρτησίας στη σκέψη, συμβάλλοντας στη βαθμιαία ανατροπή του σχολαστικισμού.

Ο κόσμος που προκύπτει από το αριστοτελικό έργο και τις μετέπειτα επεξεργασίες του είναι ένας κόσμος κλειστός, με τη Γη στο κέντρο και αυστηρά ιεραρχημένος: Το κάθε σώμα και στοιχείο «έχει» τη φυσιολογική θέση του στον κόσμο, η θέση αυτή καθορίζει τη φυσιολογική ή μη φυσιολογική κίνηση του σώματος και ανάλογα με τη θέση τους τα σώματα υπακούουν σε διαφορετικούς κανόνες συμπεριφοράς. Τα φαινόμενα στην υποσελήνια περιοχή αντιμετωπίζονται με ριζικά διαφορετικό τρόπο από τα ουράνια φαινόμενα. Στη διάρκεια της Επιστημονικής Επανάστασης ανατρέπεται πλήρως αυτή η εικόνα του κόσμου. Ο κόσμος γίνεται πολύ μεγαλύτερος απ' ό,τι πιστεύαμε —σχεδόν άπειρος. Η Γη δεν είναι πια στο κέντρο και άρα χάνει την προνομιακή και μοναδική θέση που είχε σε ένα γεωκεντρικό σύμπαν (αφού σε ένα κλειστό και σφαιρικό σύμπαν από τα άπειρα σημεία ξεχωρίζει ένα, το κέντρο του). Μαζί με την απώλεια αυτής της προνομιακής θέσης της Γης στερούνται πια αυτή

την ιδιαιτερότητα και αυτοί που την κατοικούν όπως και αυτοί που τους εξουσιάζουν! Ο χώρος δεν είναι πια ιεραρχημένος, οι νόμοι που ισχύουν στην επιφάνεια της Γης ισχύουν και στο πιο απόμακρο κομμάτι του σύμπαντος, όπως και ισχύουν για όλα τα είδη των σωμάτων.

Στη διάρκεια της Επιστημονικής Επανάστασης αλλάζει βαθμιαία και ο ρόλος του υποκειμένου που μελετά τη φύση. Ήταν αλήθεια δεδομένο ότι έχουμε το δικαίωμα να μελετάμε τη φύση όσο πιο «βαθιά» θέλουμε; Δεν ήταν λίγες οι φορές που οι διερευνήσεις για την κατανόηση της φύσης έρχονταν σε αντίθεση με αυτά που έλεγαν οι Γραφές. Στη διάρκεια του Μεσαίωνα η διαδικασία του «σώζειν τα φαινόμενα» και η αρχή της «διπλής αλήθειας» κατάφεραν να επιφέρουν μία ισορροπία ανάμεσα στα αποτελέσματα της μελέτης της φύσης και της πίστης των στοχαστών στις Γραφές. Αλλά υπήρχε ένα διαφορετικό και πολύ πιο σοβαρό πρόβλημα: είχε ο άνθρωπος το ηθικό δικαίωμα να συνεχίζει τη μελέτη θεμάτων που μπορεί να τον φέρουν αντιμέτωπο με τη «λογική του Θεού» και με τον τρόπο που ο Θεός σκεφτόταν, όταν δημιουργούσε τον κόσμο; Υπάρχει ενδεχομένως ο αντίλογος: αν ο Θεός δεν ήθελε να αποκαλυφτεί η λογική του, τότε σίγουρα θα έβρισκε τρόπους να εμποδίσει τον άνθρωπο να το κάνει. Αυτό όμως δεν ισχύει, αφού ο παντοδύναμος και φιλεύσπλαχνος Θεός των χριστιανών δε θέλει να πράττουν τα λογής εγκλήματα οι άνθρωποι ούτε και να επιτελούν όλες τις άλλες αμαρτωλές πράξεις αλλά δεν φαίνεται να μπορεί να τους εμποδίσει. Τη στιγμή που η ανθρώπινη αρετή ελέγχεται όχι μόνο από τις ενάρετες πράξεις και την προσευχή αλλά και από την αντίσταση στον πειρασμό για αμαρτία, μήπως η διερεύνηση της φύσης είναι ένας τέτοιος πειρασμός; Μήπως αποτελεί το άκρον άωτον της ανθρώπινης ματαιοδοξίας που θέλει τώρα να διαβάσει τη σκέψη του Θεού; Ο Kepler π.χ. είχε πειστεί πως ο μόνος τρόπος να μην αντιμετωπίζει κανείς συνέχεια τέτοια διλήμματα ήταν να δεχτεί ότι «Ο Θεός ήθελε να ανακαλύψουμε αυτούς τους νόμους όταν μας έπλασε κατ' εικόνα και ομοίωσή του. Και το ότι έχουμε συνείδηση της γεωμετρίας —της μοναδικής και αέναης— είναι επειδή ο άνθρωπος δημιουργήθηκε κατ' εικόνα και ομοίωσή του».

Μέσα από τις νέες ισορροπίες που επιτεύχθηκαν ανάμεσα στους στοχαστές και την Εκκλησία, όταν ο νέος λόγος της φυσικής φιλοσοφίας δεν αποτελούσε πια καμία ιδιαίτερη απειλή για τη θεολογία, όταν η Καθολική Εκκλησία μετά το δεύτερο μισό του 17ου αιώνα άρχισε να αποδέχεται το νέο της ρόλο στον τρόπο που ασκούσε εξουσία στο πλαίσιο της νέας θρησκευτικής τάξης στην δυτική Ευρώπη αλλά και της νέας πολιτικής πραγματικότητας σε όλες σχεδόν τις χώρες της δυτικής Ευρώπης, τα ηθικά αυτά διλήμματα άρχισαν βαθμιαία να εξασθενίζουν.

## 2.2 Η επιστημονική κοινότητα

Στη διάρκεια της Επιστημονικής Επανάστασης δημιουργείται μία νέα κοινότητα, η κοινότητα των φυσικών φιλοσόφων. Η κοινότητα αυτή αποκτά τους δικούς της θεσμούς, όπως οι ακαδημίες και τα περιοδικά που εξέδιδαν οι ακαδημίες. Τα πανεπιστήμια του 16ου και του 17ου αιώνα δεν κατάφεραν να γίνουν οι φορείς των νέων ιδεών για τη φύση. Δεν έγινε δυνατό να ενσωματωθούν στις πανεπιστημιακές δομές όλα τα άτομα που στη διάρκεια της Επιστημονικής Επανάστασης άρχισαν να μελετούν τη φύση μέσα από τρόπους οι οποίοι έρχονταν σε αντίθεση με τους «καθιερωμένους» τρόπους της αριστοτελικής παράδοσης. Επιπλέον η χρησιμότητα των νέων ιδεών για την αντιμετώπιση καθημερινών προβλημάτων αλλά και η συμβολή των ατόμων με τεχνικές γνώσεις ή πρακτική εμπειρία στη διαδικασία ολοκλήρωσης των νέων προσεγγίσεων για τη φύση (ο ρόλος των τεχνικών που κατασκεύαζαν φακούς είναι ένα από τα παραδείγματα) οδήγησε τη νέα αυτή κατηγορία ανθρώπων να οργανωθούν γύρω από νέα σχήματα: την Academia de Lincei στην Ιταλία (ιδρύεται στη Ρώμη το 1603 αλλά κλείνει με το θάνατο του ιδρυτή της Federico Cesi το 1630), τη Royal Society στην Αγγλία (που ιδρύθηκε στο Λονδίνο το 1662), την Academie Royal des Sciences στη Γαλλία (που ιδρύθηκε στο Παρίσι το 1666). Η Royal Society είχε μία πολύ πιο «δημοκρατική» λειτουργία απ' ό,τι τα πανεπιστήμια του Cambridge και της Οξφόρδης και η Academie des Sciences έγινε ο επίσημος σύμβουλος του βασιλιά για τεχνικά θέματα. Τα μέλη της Ακαδημίας του Παρισιού μισθοδοτούνταν από το κράτος, ενώ τα μέλη της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου πλήρωναν συνδρομές ώστε να στηρίζουν τις δραστηριότητες της Εταιρείας τους. Στόχος τους ήταν να δημοσιοποιούν τα συμπεράσματα των ερευνών που έκαναν τα μέλη τους μέσα από περιοδικές εκδόσεις, όπως ήταν τα πρώτα επιστημονικά περιοδικά, και από τακτές ομιλίες των μελών τους σε ακροατήριο που δεν απαρτιζόταν μόνο από ειδικούς ή μόνο από τα μέλη τους.

Μία επιστημονική κοινότητα διαμορφώνεται και καθιερώνεται, όταν πείθει ότι είναι σε θέση να διαχειριστεί ένα σύνολο θεμάτων, για τα οποία έως τότε είχε δικαιοδοσία μία άλλη κοινότητα. Η διαμόρφωση και λειτουργία της κοινότητας των λογίων είναι μία σημαντική παράμετρος στην κατανόηση διάφορων ζητημάτων στην ιστορία της επιστήμης. Σχεδόν πάντοτε η διαμόρφωση μιας συγκεκριμένης κοινότητας —πέρα από το γεγονός ότι πρέπει να αποτελείται από έναν ικανό αριθμό ατόμων— ταυτίζεται με τη διαμόρφωση ενός χαρακτηριστικού λόγου και ενός συνόλου πρακτικών που υιοθετούν τα μέλη της κοινότητας, διαφοροποιούμενα έτσι από τη λειτουργία των μελών άλλων κοινοτήτων. Σχεδόν πάντοτε τα μέλη της υπό διαμόρφωση νέας κοινότητας πασχίζουν να νομιμοποιήσουν το νέο λόγο και τις νέες πρακτι-



κές προσπαθώντας να πείσουν την κοινωνία για την αλήθεια και τη χρησιμότητα αυτών που υποστηρίζουν.

Χρησιμοποιήσαμε εδώ όρους που ενδεχομένως να μην είναι σαφές ότι μας βοηθούν να κατανοήσουμε διάφορα ζητήματα στην ιστορία της επιστήμης. Οι έννοιες της κοινότητας, του χαρακτηριστικού λόγου, της συναίνεσης και της νομιμοποίησης αποδεικνύονται εξαιρετικά χρήσιμα εργαλεία στη σύγχρονη ιστοριογραφία, αρκεί πάντοτε να χρησιμοποιούνται με προσοχή και με στόχο την κατανόηση συγκεκριμένων καταστάσεων και όχι για μηχανιστικές γενικεύσεις. Την ίδια στιγμή όμως που επισημαίνουμε τη σημασία αυτών των εννοιών, πρέπει να τονίσουμε ότι ούτε οι στρατηγικές ούτε οι τακτικές ούτε οι συμμαχίες στη συγκεκριμένη τους μορφή, που τις συναντάμε σε κάποια διαμάχη ή σε κάποιο επεισόδιο, είναι κάτι που μένει αναλλοίωτο στο χρόνο και άρα πρέπει πάντοτε να είμαστε σε θέση να εντοπίσουμε αλλαγές και μετατοπίσεις.

Μία νέα κοινότητα διαμορφώνεται δημιουργώντας «χώρο» για τον εαυτό της, συχνά σε βάρος άλλων κοινοτήτων που εποφθαλμιούν τον ίδιο χώρο –δηλαδή την ίδια κοινωνική λειτουργία. Η διαμόρφωση μιας νέας κοινότητας γίνεται σε βάρος κάποιας άλλης και αφαιρεί από την άλλη κοινωνικά προνόμια και ιδεολογικά στοιχεία. Οι διαδικασίες λοιπόν της διαμόρφωσης των νέων κοινοτήτων δεν είναι κάτι που είναι πάντοτε ευπρόσδεκτο από όλα τα μέλη μιας κοινωνίας, αφού με τη διαμόρφωση της νέας κοινότητας θίγονται υλικά αλλά και διανοητικά συμφέροντα. Έτσι, η ιστορία της διαμόρφωσης μιας νέας κοινότητας μπορεί να περιέχει περιόδους εξαιρετικής έντασης και βίας πολλές φορές, επειδή, σε τελευταία ανάλυση, η δημιουργία μιας κοινότητας ουσιαστικά οδηγεί στην ανακατανομή της εξουσίας όχι μόνο πάνω σε ανθρώπους αλλά και σε ιδέες. Και βέβαια καμία κοινότητα δε χαρακτηρίζεται από την πλήρη συμφωνία των μελών της για όλα τα θέματα: τα μέλη μιας υπό διαμόρφωση κοινότητας δεν έχουν όλα τις ίδιες απόψεις για το πώς πρέπει να χειριστούν ένα σύνολο θεμάτων, ούτε και όλα τα μέλη των αντίπαλων κοινοτήτων έχουν και αυτά την ίδια άποψη για το πώς πρέπει να αντιμετωπιστούν τα ζητήματα που προκύπτουν.

Η κατανόηση των συνθηκών στις οποίες διαμορφώνεται μια νέα κοινότητα γίνεται μετά τη μελέτη των διαφορετικών στρατηγικών, των διαφορετικών τακτικών αλλά και των διαφορετικών συμμαχιών όχι μόνο ανάμεσα στα μέλη της ίδιας κοινότητας αλλά ανάμεσα και σε μέλη διαφορετικών κοινοτήτων. Έτσι αναδεικνύεται και η σημασία της διαπραγμάτευσης ανάμεσα σε δύο κοινότητες που διεκδικούν τον ίδιο χώρο. Χρησιμοποιούμε την έννοια του χώρου όχι ως μία έννοια που έχει φυσική υπόσταση αλλά ως ένα εργαλείο που υποδηλώνει ένα πλέγμα ιδεών ή ένα πλέγμα σχέσεων. Στη διάρκεια της ιστορίας κάθε κοινωνίας δεν υπάρχουν χώροι που να μην τους διαχειρί-

ζεται μία συγκεκριμένη κοινότητα ανθρώπων. Δεν υπάρχουν «ελεύθεροι χώροι» που να περιμένουν τη δημιουργία της «κατάλληλης κοινότητας». Π.χ. στη Δύση οι θεολόγοι ήταν τα άτομα που είχαν το δικαίωμα να έχουν την «ευθύνη» διαχείρισης του χώρου των ιδεών για την κοσμολογία. Το χώρο αυτό των ιδεών επιτρεπόταν να τον διαχειριστούν και οι φιλόσοφοι, αρκεί να μην ερχόταν σε αντίθεση με αυτά που υποστήριζαν οι θεολόγοι. Το ίδιο ίσχυε και για τα θέματα της κίνησης, εδώ όμως δε διακυβούνταν τόσα πολλά και άρα οι συγκρούσεις ήταν πιο ήπιες, οι διαπραγματεύσεις είχαν λιγότερη ένταση. Παρ' όλα αυτά δεν υπήρχε αμφισβήτηση για το ποια κοινότητα είχε τον «τελευταίο λόγο» σε περίπτωση που προέκυπταν διαφωνίες. Όταν οι φιλόσοφοι άρχισαν να «μπαίνουν στα χωράφια» των θεολόγων και κυρίως όταν άρχισαν να αναπτύσσουν απόψεις που δεν ήταν σε συμφωνία με αυτές των θεολόγων, οι εντάσεις που δημιουργήθηκαν δεν ήταν μονάχα ανάμεσα στους θεολόγους και τους φιλοσόφους αλλά και ανάμεσα σε ομάδες μελών της κάθε κοινότητας, αφού δεν υπήρχε μία γενική συμφωνία για το πώς θα αντιμετωπιστούν οι «άλλοι». Αυτού του είδους οι αντιθέσεις έφτασαν στο αποκορύφωμά τους στη διάρκεια του 17ου αιώνα, όταν άρχισε να διαμορφώνεται η κοινότητα των φυσικών φιλοσόφων. Η μελέτη της δίκης του Γαλιλαίου (που παρουσιάζουμε στο παράρτημα II, στο τέλος του κεφαλαίου) φωτίζει και ορισμένες πτυχές των θεμάτων που θίγουμε εδώ.

Κοινότητες, χαρακτηριστικός λόγος, συναίνεση, νομιμοποίηση αλλά και στρατηγική, τακτική, συμμαχίες και διαπραγματεύσεις. Μήπως το έχουμε παρακάνει; Μήπως είναι παρακινδυνευμένο να χρησιμοποιούμε τόσο έντονα κοινωνιολογικούς και πολιτικο-στρατιωτικούς όρους για να κατανοήσουμε την ιστορία των επιστημών; Μήπως, με αυτό τον τρόπο, τελικά συμβάλλουμε να γίνει περίπλοκο κάτι που ουσιαστικά είναι απλό; Μέσα σε όλα αυτά δε χάνεται κάπου η έννοια της αλήθειας; Δηλαδή, αν ο Γαλιλαίος και ο Νεύτωνας δεν είχαν τη σωστή στρατηγική και τακτική, αν δεν είχαν τους κατάλληλους συμμάχους, δε θα είχαν επικρατήσει οι θεωρίες τους; Είναι δυνατό να συνέχιζε η κυριαρχία του γεωκεντρικού συστήματος, επειδή αυτοί που το υποστήριζαν είχαν όλη την εξουσία και δεν άφηναν τους υποστηρικτές της αντίθετης άποψης να εκφράσουν τη γνώμη τους; Δεν είναι αναμφισβήτητο το γεγονός ότι το ηλιοκεντρικό σύστημα είναι αληθές και πως οι θεωρίες του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα επιβεβαιώθηκαν πειραματικά; Δε θα επικρατούσαν αυτές οι ιδέες αργά ή γρήγορα; Είναι δυνατό τα πάντα να ερμηνεύονται με όρους κοινωνικούς και να έχουμε μία πλήρη υποτίμηση των εννοιών και του ρόλου των αληθινών και σωστών ιδεών;

Οι προβληματισμοί αυτοί είναι απολύτως δικαιολογημένοι. Προκύπτουν όμως από τη θετικιστική αντίληψη που έχουμε διαμορφώσει για το τι είναι επιστήμη και τι συνιστά την ιστορία της. Το φαινόμενο της επιστήμης, την ιστορία του οποίου προ-

σπαθούμε να καταλάβουμε, είναι ένα κατεξοχήν κοινωνικό φαινόμενο. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η ιστορία των επιστημών είναι η ιστορία των ανθρώπων που προσπάθησαν να κατανοήσουν τη φύση και να πείσουν τους συνανθρώπους τους για την ορθότητα των απόψεών τους. Η επιστήμη και η ιστορία της δεν είναι μόνο η ιστορία των αληθινών ιδεών —δηλαδή των ιδεών που με τα σημερινά μεθοδολογικά, πολιτισμικά και ηθικά κριτήρια θεωρούμε αληθινές— για τη φύση. Αναμφισβήτητα το κριτήριο της αλήθειας έπαιξε έναν εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στην ιστορία των επιστημών. Όμως η συντριπτική πλειοψηφία των ιδεών που προτάθηκαν για την κατανόηση της φύσης ήταν με *τα σημερινά μας κριτήρια* απολύτως λανθασμένες. Για τα άτομα που τις πρότειναν και πολλούς συγχρόνους τους όμως οι ιδέες αυτές ήταν σωστές. Φανταστείτε πόσες από τις ιδέες που έχουμε σήμερα για τη φύση, και τις οποίες θεωρούμε σωστές, θα θεωρούνται στο μέλλον λανθασμένες. Άρα ως ιστορικούς μάς ενδιαφέρουν πρώτα και κύρια η κατανόηση του συνόλου των ιδεών που είχαν οι άνθρωποι για τη φύση.

Αλλά ακόμη και ιδέες που με τα σημερινά μας κριτήρια ήταν σωστές δεν είναι καθόλου σαφές ότι γίνονται αμέσως αποδεκτές. Γνωρίζουμε πως ο Αρίσταρχος είχε υποστηρίξει το ηλιοκεντρικό σύστημα. Χρειάστηκαν όμως πολλοί αιώνες ώσπου να γίνει αποδεκτό το σύστημα αυτό. Δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι *έτσι ή αλλιώς* θα κυριαρχούσαν οι *συγκεκριμένες* ιδέες του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα. Προσέξτε, δε λέμε ότι δε θα κυριαρχούσαν *αλλά* υποστηρίζουμε ότι η επιστήμη της ιστορίας δε μας επιτρέπει να προχωρούμε σε τέτοιες διαπιστώσεις. *Ως ιστορικούς δε μας ενδιαφέρουν οι προβλέψεις.* Όχι μόνο δεν έχουμε τα εργαλεία να κάνουμε προβλέψεις, αλλά τέτοιου είδους προβληματισμοί, για το τι θα μπορούσε να είχε γίνει, συνιστούν την ακύρωση της ιστορίας της επιστήμης. *Ως ιστορικοί της επιστήμης δε νομιμοποιούμαστε να θέσουμε το ερώτημα αν οι ιδέες του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα θα είχαν επικρατήσει ακόμη και αν δεν υπήρχαν ο Γαλιλαίος και ο Νεύτωνας.* Όσο κοινότυπο και αν ακούγεται, οι ιστορικοί της επιστήμης, όπως και γενικά οι ιστορικοί, ενδιαφέρονται να *κατανοήσουν τα γεγονότα που έγιναν και όχι να προβάλλουν σενάρια για γεγονότα που θα μπορούσαν να είχαν γίνει.* Μας ενδιαφέρει να μελετήσουμε τη σύνθετη σχέση ανάμεσα στις ιδέες, στις λειτουργίες των ανθρώπων που τις προτείνουν και στις αντιδράσεις —θετικές ή αρνητικές— της κοινωνίας που τις δέχεται. Και για να το καταφέρουν αυτό οι ιστορικοί της επιστήμης διευρύνουν τον προβληματισμό τους, επινοούν νέες έννοιες και δανείζονται εργαλεία από άλλες επιστήμες. Δε θα σχολιάσουμε π.χ. τις επίσης χρήσιμες επισημάνσεις που έχουν γίνει με βάση εννοιολογικά και μεθοδολογικά εργαλεία που οι ιστορικοί της επιστήμης έχουν δανειστεί από την ψυχανάλυση και την ανθρωπολογία.

### 2.3 Τα κοινωνικά και πολιτικά γεγονότα

Τα κοινωνικά και πολιτικά γεγονότα και οι μεγάλες ανακατατάξεις στο χώρο της ιδεολογίας, που πραγματοποιούνται στη διάρκεια της περιόδου που συμπίπτει με την περίοδο της Επιστημονικής Επανάστασης, δεν ήταν δυνατό να μην είχαν επηρεάσει τη διαμόρφωση της νέας «επιστημονικής κουλτούρας». Έχει σημασία να απαριθμήσουμε τα εξαιρετικής σημασίας κοινωνικά και πολιτικά γεγονότα που διαδραματίστηκαν στις κοινωνίες της Ευρώπης το 16ο και 17ο αιώνα, ώστε να αποκτήσουμε μία εικόνα του γενικότερου πλαισίου μέσα στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι επαναστατικές αλλαγές στους τρόπους με τους οποίους προσεγγίζουμε τη φύση και στους τρόπους με τους οποίους την κατανοούμε. Τα γεγονότα αυτά είναι τόσο σύνθετα που δεν είναι δυνατό να καταλήξουμε σε μία ενιαία άποψη για όλες —ακόμη και τις πιο σημαντικές— πλευρές τους.

Η Μεταρρύθμιση του 1517 αποτελεί ένα από τα γεγονότα που άφησαν ανεξίτηλα σημάδια στη μελλοντική πορεία της Ευρώπης. Πολλά άτομα απαιτούσαν μεταρρυθμίσεις στην Καθολική Εκκλησία και στο θεσμό του Πάπα πολύ πριν από το Μαρτίνο Λούθηρο, που στις 31 Οκτωβρίου 1517 δημοσιοποίησε τις 95 θέσεις, που θεωρούνται και οι καταστατικές θέσεις του μεταρρυθμιστικού κινήματος. Ο Έρασμος ήταν ένας από τους πιο επιφανείς ουμανιστές, όπως και οι St. Francis, Peter Waldo, John Huss, John Wycliffe, που είχαν επιχειρηματολογήσει υπέρ των μεταρρυθμίσεων πριν από το Λούθηρο, ασκώντας κριτική κυρίως σε εκείνες τις λειτουργίες της Εκκλησίας που υπονόμειαν την ηθική της αξιοπιστία στον πολύ κόσμο. Ο Λούθηρος προχώρησε ένα βήμα παραπάνω: όχι μόνο καυτηρίασε τη διαφθορά της Εκκλησίας αλλά θεώρησε πως τα προβλήματα είχαν και θεολογικές ρίζες: Η Εκκλησία είχε, κατά το Λούθηρο, μία απολύτως εσφαλμένη άποψη για τα θέματα της λύτρωσης και της χάριτος. Κατήγγειλε την ιεραρχία της Καθολικής Εκκλησίας ότι είχε εμπλέξει το θέμα της θείας χάριτος σε ένα σύστημα απολαβών και ευνοιών. Ο Πάπας, κατά το Λούθηρο, δεν είχε καμία εξουσία στο ζήτημα του Καθατηρίου, αλλά ούτε και το σύστημα επαίνων ήταν θεμελιωμένο στην Καινή Διαθήκη. Για ένα θεσμό, όπως η Καθολική Εκκλησία, του οποίου η ιδεολογική, κοινωνική και πολιτική κυριαρχία, για τόσους αιώνες, ήταν σχεδόν απόλυτη στο χώρο που αποκαλούμε Λατινική Δύση, ένα κίνημα όπως αυτό της Μεταρρύθμισης, που εκφράστηκε όχι μόνο ως αντιπαράθεση προσωπική αλλά και θεολογική και ιδεολογική, είχε καταλυτικές επιπτώσεις στην Ευρώπη. Επειδή δε το κίνημα της Μεταρρύθμισης βρήκε απήχηση σχεδόν σε όλα τα κοινωνικά στρώματα ακόμη και σε άτομα σε υψηλές βαθμίδες στην ιεραρχία της Καθολικής Εκκλησίας, η Εκκλησία είχε να αντιμετωπίσει τη σοβαρότερη ιδεολογική, κοινωνική και πολιτική απειλή από την ίδρυσή της.

Ο λόγος που πρέπει να διερευνηθούν τα τεκταινόμενα στην κοινωνία γενικά και οι σχέσεις τους με την επιστήμη δεν είναι για να βρούμε απόλυτες και σαφείς αιτιοκρατικές σχέσεις του τύπου «το τάδε γεγονός οδήγησε στην τάδε θεωρία» ούτε βέβαια και το αντίστροφο. Έχουμε ήδη μιλήσει για το πόσο φρόνιμο θα είναι να αποφεύγουμε την αναζήτηση αποκλειστικά των αιτίων ορισμένων γεγονότων και να επικεντρώνουμε την προσοχή μας στην ανάδειξη των αλληλοσυσχετισμών ανάμεσα στα γεγονότα. Ας πάρουμε ένα παράδειγμα. Τι είδους συσχετίσεις θα ήταν δυνατό να εντοπιστούν ανάμεσα στο κίνημα της Μεταρρύθμισης και στο κοπερνίκειο εγχείρημα; Δηλαδή:

Με ποιους τρόπους και σε ποιο βαθμό το κλίμα της Ευρώπης επηρέασε τον προβληματισμό που οδήγησε στο *De Revolutionibus*;

Ας διερευνήσουμε πρώτα κάποια κοινά χαρακτηριστικά ανάμεσα στη Μεταρρύθμιση και το κοπερνίκειο σύστημα.

Και τα δύο ξεκινούσαν από μία κριτική της κυρίαρχης πρακτικής και ιδεολογίας, το ένα στο χώρο της θεολογίας και Εκκλησίας και το άλλο στο χώρο της αστρονομίας. Στην περίπτωση του Λούθηρου αυτή ήταν η καταλυτική κριτική στην Καθολική Εκκλησία, στην περίπτωση του Κοπέρνικου αυτή ήταν η κριτική στο πτολεμαϊκό σύστημα. Και τα δύο συστήματα ιδεών βρήκαν καταφύγιο σε ιδέες του μακρινού παρελθόντος. Ο μεν Λούθηρος επανέφερε την κυριολεκτική ερμηνεία της Βίβλου, ο δε Κοπέρνικος επανεξέτασε τη νέα πυθαγόρεια παράδοση για την κεντρικότητα του ήλιου και την τελειότητα των κινήσεων που υπονοούσε η πλατωνική άποψη. Τέλος, ο Λούθηρος και ο Κοπέρνικος ήταν άτομα που δίστασαν να προχωρήσουν σε ένα ακραίο ριζοσπαστισμό και προσπάθησαν να έχουν ένα λόγο κατηγορηματικό μεν αλλά ταυτοχρόνως και συμφιλιωτικό. Οι παρατηρήσεις αυτές μάς βοηθούν να κατανοήσουμε τη σημασία των συσχετισμών, της παράλληλης συνύπαρξης ρευμάτων με κοινά χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στη δημιουργία αυτού που καμιά φορά αποκαλείται «το κλίμα της εποχής».

Το σύνολο των αντιδράσεων της Καθολικής Εκκλησίας στο κίνημα της Μεταρρύθμισης είναι γνωστό ως Αντι-Μεταρρύθμιση. Ορισμένοι ιστορικοί θεωρούν το κίνημα αυτό συνώνυμο με αυτό της εσωτερικής μεταρρύθμισης της Καθολικής Εκκλησίας που είχε αρχίσει πολύ πριν από το 1517. Αυτή είναι μία συζήτηση που δε μας ενδιαφέρει εδώ, αφού ανεξάρτητα από το πότε αρχίζει να απασχολεί την Καθολική Εκκλησία η μεταρρύθμισή της, μετά το 1517 αντιμετωπίζει μία ριζικά διαφορετική κατάσταση στην Ευρώπη και είναι υποχρεωμένη να αντιδράσει με συγκεκριμένο τρόπο στα συγκεκριμένα προβλήματα που η νέα κατάσταση δημιουργεί. Η ίδρυση

της Ιεράς Εξέτασης το 1545 για να καταπολεμήσει τις αιρέσεις, οι αποφάσεις της Συνόδου του Τρέντου από το 1545 έως το 1563 και η αποστολή μισσιοναρίων στα διάφορα μέρη του κόσμου για να προσηλυτίσουν τους τοπικούς πληθυσμούς αποτελούν τα σημαντικότερα στοιχεία της Αντι-μεταρρύθμισης. Ας σημειωθεί ότι ο πάπας Παύλος ο 3ος, που ήταν και ο Πάπας στον οποίο αφιέρωσε το *De Revolutionibus* ο Κοπέρνικος, ήταν εκείνος που επέμενε πως ο μόνος τρόπος να αντιμετωπιστεί η κρίση θα ήταν να συγκληθεί μία Σύνοδος της Εκκλησίας που θα εξέταζε όλα τα θέματα που είχαν προκύψει και πρώτα και κύρια τα θεολογικά ζητήματα που έθεσαν οι προτεστάντες.

Παρά το γεγονός ότι οι θεολογικές αποσαφηνίσεις λειτούργησαν θετικά και κατευναστικά στους κόλπους της Καθολικής Εκκλησίας και παρά το γεγονός ότι τώρα οι λειτουργοί της Εκκλησίας είχαν θεωρητικά εφόδια να αντιμετωπίσουν τους προτεστάντες, η υλοποίηση των αποφάσεων δεν αποτέλεσε μία ειρηνική διαδικασία. Εκεί όπου ο καθολικισμός θεώρησε ότι αμφισβητείται, επιβλήθηκε με βίαιο τρόπο. Τίποτα όμως απ' όλα αυτά δεν απέτρεψαν τη δημιουργία και ενίσχυση νέων κοινωνικών και πολιτικών οντοτήτων, ιδίως στο χώρο που αποκαλούμε Γερμανία. Όμως, με το τέλος της Συνόδου του Τρέντο το 1563, άρχισε να διαφαίνεται πως η Καθολική Εκκλησία θα απειλείται ιδεολογικά και πολιτικοστρατιωτικά από ένα σύνολο κρατών και κρατιδίων, τα οποία είχαν ήδη αρχίσει να έχουν έντονες αντιθέσεις μεταξύ τους.

Αυτή η εξαιρετικά σύνθετη κατάσταση στην κεντρική Ευρώπη οδήγησε στον Τριακονταετή Πόλεμο από το 1618 μέχρι το 1648. Οι ιστορικοί δεν μπορούν να συμφωνήσουν αν ο πόλεμος έλυσε κανένα από τα σημαντικά προβλήματα που αποτέλεσαν και τις αιτίες του. Όλοι όμως συμφωνούν πως το τέλος του Τριακονταετούς Πολέμου, με τη Συνθήκη της Βεσφαλίας το 1648, ουσιαστικά σήμαινε την αποδοχή από την πλευρά της Καθολικής Εκκλησίας ενός θρησκευτικού πλουραλισμού στη δυτική Ευρώπη. Εκεί που προηγουμένως υπήρχε η καθολική Ευρώπη τώρα είχε επιβληθεί και ο προτεσταντισμός στις διαφορετικές του εκφράσεις.

Είχε βέβαια προηγηθεί του Τριακονταετούς Πολέμου η σφαγή των προτεσταντών από του καθολικούς στο Παρίσι αλλά και σε άλλες πόλεις της Γαλλίας. Η σημασία της σφαγής του Αγίου Βαρθολομαίου στις 24 Αυγούστου 1572, για τα θέματα που διαπραγματευόμαστε, είναι πως αποτέλεσε ένα καταλυτικό στοιχείο στη γαλλική κοινωνία, που οδήγησε βαθμιαία στη συνύπαρξη των καθολικών και των προτεσταντών σε μία κοινωνία στην οποία άρχισε να καλλιεργείται η ανοχή και να παρουσιάζονται τα πρώτα δείγματα της μη επέμβασης του κράτους σε θέματα πίστης.

Το άλλο μεγάλο γεγονός που σηματοδεύει την Ευρώπη είναι ο Εμφύλιος Πόλεμος στην

Αγγλία, ανάμεσα στο 1642 και το 1651. Απλοποιώντας πάλι τις διαπιστώσεις μας, ο πόλεμος αυτός ήταν ανάμεσα στους υποστηρικτές της μοναρχίας και τους υποστηρικτές του κοινοβουλευτισμού —όχι βέβαια όπως τον γνωρίζουμε στην πιο σύγχρονη μορφή του μετά τη Γαλλική Επανάσταση. Οι ανακατατάξεις όμως συνεχίζονται για πολλές δεκαετίες μετά την τυπική λήξη του Εμφυλίου, σε μία περίοδο δηλαδή που συμπίπτει και με την έντονη δραστηριότητα των φυσικών φιλοσόφων στην Αγγλία, όπως αυτή του Νεύτωνα.

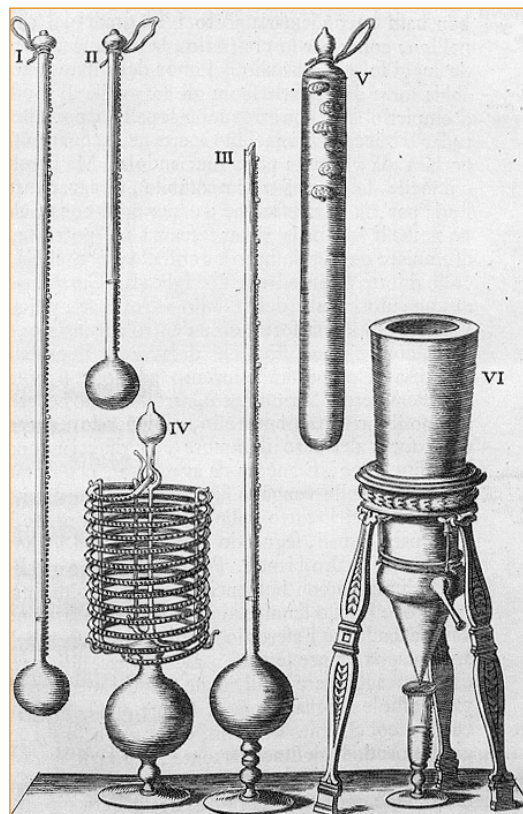
## 2.4 Οι διαφορετικές ιστοριογραφικές προσεγγίσεις

Τα γεγονότα στη διάρκεια του 16ου και 17ου αιώνα είναι τόσο πυκνά και σύνθετα και οι επιπτώσεις τους για τις μετέπειτα εξελίξεις στην Ευρώπη τόσο καθοριστικές που είναι προφανές πως οι ιστορικοί που ασχολήθηκαν συστηματικά με την Επιστημονική Επανάσταση —ως μία από τις πτυχές της ευρωπαϊκής ιστορίας— να έχουν αναπτύξει διαφορετικές προσεγγίσεις, διαφορετικές ερμηνείες, διαφορετικές συσχετίσεις. Οι ιστορικοί της επιστήμης που ασχολούνται ερευνητικά με αυτή την περίοδο, ενώ συμφωνούν για τη σημασία των γεγονότων στη διαμόρφωση του νέου επιστημονικού λόγου, έχουν σοβαρότατες διαφωνίες μεταξύ τους για τους συγκεκριμένους τρόπους με τους οποίους τα γεγονότα αυτά επηρέασαν τη διαμόρφωση του νέου επιστημονικού λόγου και τη σχετική βαρύτητα που είχε το κάθε γεγονός στην εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών.

Ας δούμε αυτά τα θέματα λίγο πιο αναλυτικά.

Ορισμένοι ιστορικοί θεώρησαν πως κυρίαρχο στοιχείο στην κατανόηση και ερμηνεία των εξελίξεων είναι η εξαντλητική διερεύνηση των διανοητικών διεργασιών και ο αλληλοσυσχετισμός των διαφορετικών υποθέσεων και θεωριών είτε διαφορετικών ατόμων είτε του ίδιου ατόμου. Η αφήγηση που προκύπτει είναι μία (ορθολογική για ορισμένους) ανασυγκρότηση των σταδίων που ακολούθησε η διατύπωση μιας θεωρίας, η έκβαση μιας διαμάχης, η ανακάλυψη ενός φαινομένου ή η εφεύρεση ενός οργάνου. Σε αυτού του είδους τις προσεγγίσεις τα κοινωνικά και πολιτικά γεγονότα αποτελούν ένα υπόβαθρο στο οποίο κινούνται οι πρωταγωνιστές, οι σκέψεις των οποίων ακολουθούν *βασικά* μία εσωτερική λογική.

Ορισμένοι άλλοι ιστορικοί θεώρησαν πως παράγοντες



που ήταν εξωγενείς στην επιστήμη, όπως οι τεχνικές ανάγκες μιας κοινωνίας ή οι οικονομικές επιδιώξεις ατόμων ή κοινωνικών ομάδων, οδήγησαν στην ολοένα και «πιο επιστημονική» αντιμετώπιση των τεχνικών αναγκών και των οικονομικών επιδιώξεων. Τα άτομα που έβρισκαν λύσεις άρχισαν να διευρύνουν τον προβληματισμό τους και να απασχολούνται και με τις πιο θεωρητικές πλευρές των πρακτικών προβλημάτων. Οι ιστορικοί αυτής της σχολής δίνουν έμφαση στη μελέτη του έργου και της ζωής των φυσικών φιλοσόφων, οι οποίοι στη διάρκεια της Επιστημονικής Επανάστασης ήταν στενά συνδεδεμένοι με τεχνικά προβλήματα που αναζητούσαν λύση. Το συνολικό πλαίσιο των ερευνών τους προσδιορίζεται από τις προσπάθειες των διάφορων κοινωνικών κατηγοριών να εκμεταλλευτούν τις νέες περιοχές της Γης, που στο μεταξύ είχαν ανακαλυφτεί, και να ελέγξουν τις πηγές πλούτου. Έτσι εντείνονται οι τεχνικές απαιτήσεις για καλύτερους τρόπους πλοήγησης, πιο αξιόπιστα όργανα μέτρησης του χρόνου, πιο ανθεκτικά υλικά για τα πλοία, μηχανισμούς άντλησης των νερών από τα ορυχεία κτλ.

Μία άλλη κατηγορία ιστορικών δίνει μεγάλη έμφαση στο γενικότερο φιλοσοφικό πλαίσιο. Η απομάκρυνση από τον αριστοτελισμό, η δέσμευση στον πλατωνισμό, η νέα ρασιοναλιστική και μηχανοκρατική φιλοσοφία του Καρτέσιου, ο εμπειρισμός του Βάκωνα εισήγαγαν και νομιμοποίησαν νέες ιδέες και καθιέρωσαν νέες πρακτικές που δημιούργησαν ένα ευνοϊκό κλίμα για την ανάπτυξη των επιστημών. Ένας αριθμός ιστορικών θεωρεί πως η κυριαρχία της εργασίας στην εκδοχή του προτεσταντισμού στην Αγγλία μαζί και με τη βακωνική παράδοση έκανε πιο αποδεκτή την ενασχόληση με το πείραμα, σε αντίθεση π.χ. με τη Γαλλία, όπου η καρτεσιανή παράδοση ανέδειξε τα μαθηματικά σαν το βασικό τρόπο πραγμάτευσης. Υπήρξαν ενδιαφέρουσες συζητήσεις για το πώς καθιερώθηκε η πειραματική πρακτική. Π.χ. οι συζητήσεις αυτές ανέδειξαν μια διαφορετική ανάγνωση της διαμάχης ανάμεσα στον Boyle και το Hobbes. Οι θέσεις των δύο πρωταγωνιστών στη διαμάχη αυτή που αφορούσε στα πειράματα του Boyle με τις αντλίες κενού θεωρήθηκε ότι είχαν και έναν παράλληλο στόχο: να προσδιοριστούν τα κριτήρια με τα οποία θα επιλύονται οι διαφορές και να υπάρξει συναίνεση ανάμεσα στους φυσικούς φιλοσόφους για το τι συνιστά ένα πειραματικό αποτέλεσμα.

Ταυτίζουμε συνήθως το θεσμό της πατρωνίας με τους καλλιτέχνες της Αναγέννησης. Θεωρείται ένας θεσμός που εξασφάλιζε τα προς το ζην στους καλλιτέχνες και οι οποίοι απερίσπαστοι αφιερώνονταν στο δημιουργικό τους έργο. Έχει πολλά στοιχεία αλήθειας μια τέτοια ερμηνεία αλλά δεν είναι τα μόνα. Η πατρωνία όμως αποτελούσε και ένα θεσμό προστασίας των καλλιτεχνών από τους αντιπάλους τους, είτε αυτοί ήταν αντίπαλοι λόγω προσωπικών διενέξεων είτε ήταν αντίπαλοι λόγω δια-



φωνιών ως προς τις απόψεις που εξέφραζε μέσα από το έργο του ένας καλλιτέχνης. Επίσης, η πατρωνία προσέδιδε κοινωνικό κύρος στον πάτρωνα, όταν είχε υπό την προστασία του και στην υπηρεσία του λογίους της εποχής. Στην επιστήμη αλλά και στην τέχνη, η πατρωνία έπαιξε και έναν πρόσθετο ρόλο. Συνέβαλε στη διαδικασία νομιμοποίησης των νέων ιδεών και των νέων τεχνοτροπιών.

## 2.5 Ένα ιδιόμορφο ιστορικό πρόβλημα: Το πρόβλημα της προτεραιότητας

Γνωρίζουμε πως ούτε ο Κοπέρνικος ήταν ο πρώτος που διατύπωσε την ηλιοκεντρική θεωρία ούτε ο Γαλιλαίος ήταν ο πρώτος που εφηύρε το τηλεσκόπιο αλλά ούτε και ο Νεύτωνας ήταν ο πρώτος που μίλησε για το νόμο της παγκόσμιας έλξης ως συνάρτηση του αντιστρόφου τετραγώνου της απόστασης ανάμεσα σε δύο σώματα. Και όμως συχνά ταυτίζουμε αυτές τις σκέψεις και εφευρέσεις με αυτά τα συγκεκριμένα πρόσωπα. Και οι περιπτώσεις αυτές δεν είναι οι μόνες στην ιστορία των επιστημών και της τεχνολογίας. Γιατί λοιπόν δεν προσπαθούμε να αναδείξουμε αυτούς που ήταν οι πραγματικοί πρωτοπόροι; Γιατί δεν προσπαθούμε να διερευνήσουμε τα γεγονότα, ώστε να αποσαφηνίσουμε ποιοι πρέπει να αναγνωριστούν ως οι πρώτοι εφευρέτες οργάνων ή ως τα άτομα που διατύπωσαν για πρώτη φορά μία νέα θεωρία; Οι ιστορικοί της επιστήμης έχουν προφανώς καθήκον να διορθώνουν τις όποιες ανακρίβειες. Αλλά το ερώτημα που τίθεται για τους ιστορικούς δεν είναι το θέμα της πρωτιάς ούτε είναι και το θέμα της πρωτοπορίας ταυτισμένης με το ποιος είπε κάτι πρώτος. Το ερώτημα προς διερεύνηση είναι πάντοτε η κατανόηση του ιστορικού πλαισίου και της συγκεκριμένης λειτουργίας μιας θεωρίας ή ενός οργάνου. Δηλαδή η αναζήτηση της προτεραιότητας *από μόνη της* δεν ταυτίζεται με την κατανόηση του ιστορικού πλαισίου και της λειτουργίας μιας ιδέας ή ενός αντικειμένου. Έτσι λοιπόν μπορούμε να ισχυριστούμε πως, ενώ ο Αρίσταρχος ο Σάμιος ήταν ο πρώτος που γνωρίζουμε ότι διατύπωσε την ηλιοκεντρική θεωρία, η θεωρία αυτή τελικά επικράτησε μετά από τις σύνθετες διεργασίες που προκάλεσε το έργο του Κοπέρνικου. Το φθινόπωρο του 1608 τρεις Ολλανδοί —ο Hans Lippershey, ο Jacob Metius και ο Sacharias Janssen— ζήτησαν από την κυβέρνηση να τους κατοχυρωθεί η ευρεσιτεχνία για το τηλεσκόπιο. Η αίτησή τους απορρίφτηκε, όχι επειδή δε θεωρήθηκε μία σημαντική εφεύρεση, αλλά επειδή ήταν εύκολο να αντιγραφεί και η κυβέρνηση δεν ήθελε να εμπλακεί σε μία διαδικασία ελέγχου της διάθεσης του τηλεσκοπίου. Έχει ενδιαφέρον ότι την ίδια ακριβώς εποχή με τις παραπάνω αιτήσεις υπάρχουν πληροφορίες πως τηλεσκόπια πωλούνταν σε ένα πανηγύρι στη Φρανκφούρτη, εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από τη Χάγη! Σίγουρα λοιπόν ο Γαλιλαίος δεν εφηύρε το τηλεσκόπιο. Ήταν όμως ο πρώτος ο οποίος κατασκεύαζοντας ένα ισχυρότερο τηλεσκόπιο το χρησιμοποίησε για να παρατηρήσει τα ουράνια φαινόμενα και ο οποίος

διαπίστωσε πως αυτά που παρατήρησε έρχονταν σε αντίθεση με τις κρατούσες αντιλήψεις. Παρά το γεγονός ότι ο Robert Hooke είχε πρώτος διατυπώσει ένα νόμο παγκόσμιας έλξης, μόνο μέσα από το έργο του Νεύτωνα έγινε δυνατό να κατανοηθούν οι νόμοι του Kepler και διάφορα άλλα φαινόμενα.

Δικαιολογημένα θα ρωτήσετε αν ο Κοπέρνικος, ο Γαλιλαίος και ο Νεύτωνας γνώριζαν την ύπαρξη αυτών των άλλων ατόμων. Βεβαίως και το γνώριζαν —αν και υπήρξαν πολλοί στοχαστές που σε ανάλογες περιπτώσεις δε γνώριζαν. Άρα τότε θα πρέπει να αναφέρονται αυτά τα άτομα στα έργα του Κοπέρνικου, του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα. Η απάντηση είναι αρνητική, αφού ούτε ο Κοπέρνικος αναφέρει τον Αρίσταρχο ούτε ο Γαλιλαίος τους Ολλανδούς ούτε και ο Νεύτωνας το Hooke. Η τεράστια επιστημονική συμβολή του Κοπέρνικου, του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα —και ο ενδεχόμενος θαυμασμός μας προς τα άτομα αυτά— δε σημαίνει και αναγκαστικά πως έχουμε να κάνουμε και με άτομα άμεμπτου ήθους! Όπως λέγαμε και στο πρώτο κεφάλαιο, καλό είναι να μην ξεχνάμε πως πίσω από τις ιδέες υπάρχουν οι άνθρωποι με τις αντιφάσεις τους, τις αδυναμίες τους, τις μικροπρέπειες τους αλλά και —σπανίως— με τις γενναιοδωρίες τους. Το πρόβλημα όμως της αναφοράς ή όχι των ατόμων που πρωτοδιατύπωσαν μία θεωρία που κάποιος τη θεωρεί «δική του» ή της αντίστοιχης κατάστασης με τις εφευρέσεις των οργάνων δεν είναι απλά και μόνο πρόβλημα ηθικής τάξης. Για να κατανοήσουμε την πολυπλοκότητα του προβλήματος ας συζητήσουμε την περίπτωση του Κοπέρνικου.

Στην εποχή του Κοπέρνικου υπάρχει ήδη κριτική στον αριστοτελισμό και είναι δεδομένος ο νεο-πλατωνισμός. Ο νεο-πλατωνισμός και οι επιδράσεις των ερμητικών κειμένων φέρνουν στην επιφάνεια την κεντρικότητα του Ήλιου. Οι πυθαγόρειοι πίστευαν πως η Γη και ο Ήλιος περιστρέφονται γύρω από μία κεντρική φωτιά που συνέχεια μας την κρύβει η μη κατοικήσιμη πλευρά της Γης. Ο Κοπέρνικος θυμίζει πως ο Τρισμέγιστος αναφέρεται στον Ήλιο ως τον «ορατό Θεό». Επίσης πολλοί άλλοι πριν από τον Κοπέρνικο είχαν υποστηρίξει ότι το σύμπαν είναι ηλιοκεντρικό. Μάλιστα, το ομολογεί και ο ίδιος ο Κοπέρνικος στην αφιέρωση που κάνει στο *De Revolutionibus* στον πάπα Παύλο το Γ'. Ας διαβάσουμε τι λέει:

«Επί μεγάλο διάστημα λοιπόν με απασχόλησε αυτή η σύγχυση που επικρατεί στην αστρονομική παράδοση σχετικά με τον τρόπο συναγωγής των κινήσεων των σφαιρών του σύμπαντος. Άρχισε να μ' ενοχλεί το γεγονός ότι τις κινήσεις της μηχανής του κόσμου, που δημιουργήσε για χάρη μας ο καλύτερος και συστηματικότερος Τεχνίτης, δεν μπορούσαν να τις κατανοήσουν με μεγαλύτερη σαφήνεια ούτε οι φιλόσοφοι, οι οποίοι παρ' όλα αυτά εξέταζαν με μεγάλη ακρίβεια τις πλέον ασήμαντες λεπτομέρειες του κόσμου τούτου. Για το

λόγο αυτό, ανέλαβα το καθήκον να μελετήσω εκ νέου τα έργα όλων των φιλοσόφων που μπορούσα να βρω, για να μάθω εάν είχε προτείνει ποτέ κάποιος για τις σφαίρες του σύμπαντος άλλες κινήσεις από εκείνες που παρουσιάζουν οι διδάσκαλοι της αστρονομίας στις διάφορες σχολές. Και πράγματι βρήκα πρώτα στον Κικέρωνα ότι ο Ικέτας είχε διατυπώσει την υπόθεση ότι η Γη κινείται. Αργότερα δε, ανακάλυψα στον Πλούταρχο ότι και ορισμένοι άλλοι συμμερίζονταν την άποψη αυτή. Αποφάσισα λοιπόν να παραθέσω τους λόγους του εδώ, ώστε να μπορεί ο καθένας να τους διαβάσει:

Ορισμένοι θεωρούν ότι η Γη παραμένει ακίνητη. Ο Φιλόλαος ο Πυθαγόρειος όμως πιστεύει ότι, όπως ο Ήλιος και η Σελήνη, έτσι και η Γη περιστρέφεται γύρω από τη φωτιά διαγράφοντας έναν πλάγιο κύκλο. Ο Ηρακλείδης ο Ποντικός και ο Έκφαντος ο Πυθαγόρειος θεωρούν ότι η Γη κινείται, όχι μετακινούμενη στο χώρο, αλλά σαν τροχός που περιστρέφεται από δυσμάς προς ανατολάς γύρω από το ίδιο του το κέντρο.

Με αφορμή λοιπόν τις πηγές αυτές, άρχισα κι εγώ με τη σειρά μου να εξετάζω το ζήτημα της κίνησης της Γης. Και παρόλο που η ιδέα φαινόταν παράλογη, γνώριζα ωστόσο ότι σε άλλους πριν από μένα είχε παραχωρηθεί το δικαίωμα να φανταστούν κάθε λογής κύκλους με σκοπό να εξηγήσουν τα ουράνια φαινόμενα. Ως εκ τούτου, θεώρησα ότι εύκολα θα μπορούσα να λάβω κι εγώ την άδεια να διερευνήσω εάν θα μπορούσαν να βρεθούν εξηγήσεις ορθότερες από εκείνες των προκατόχων μου σχετικά με την περιστροφή των ουρανίων σφαιρών, με βάση την υπόθεση ότι η Γη εκτελεί κάποια κίνηση».

Ένα πρώτο ερώτημα λοιπόν είναι: Γιατί ο Κοπέρνικος δεν αναφέρει την ηλιοκεντρική υπόθεση του Αρίσταρχου εδώ ή πουθενά αλλού στο βιβλίο του; Πώς θα μπορούσαμε να απαντήσουμε σ' ένα τέτοιο ερώτημα; Μία μέθοδος θα ήταν να «σπάσουμε» αυτό το ερώτημα σε άλλα ερωτήματα που η διερεύνησή τους θα ήταν απλούστερη. Από πού, αλήθεια, γνωρίζουμε εμείς την ύπαρξη αυτής της άποψης, όταν δεν έχει διασωθεί κανένα κείμενο του ίδιου του Αρίσταρχου που να διατυπώνει την ηλιοκεντρική του «θεωρία»; Τι γνώριζαν επ' αυτού οι σύγχρονοι του Κοπέρνικου; Γνώριζε ο Κοπέρνικος την ύπαρξη της άποψης του Αρίσταρχου ή την αγνοούσε; Αν την γνώριζε, την αξιολογούσε με τον ίδιο τρόπο που την αξιολογούμε εμείς σήμερα ή δεν του ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη στον προβληματισμό του; Αν την γνώριζε, έχουμε στοιχεία να ισχυριστούμε ότι δεν ήθελε να την ανακοινώσει, για να έχει ο ίδιος όλη τη δόξα;

Ο Κοπέρνικος δεν είχε προβάλει τον εαυτό του ως το άτομο που πρώτο μίλησε για το ηλιοκεντρικό σύμπαν. Μάλιστα, ένα από τα τεχνάσματα που χρησιμοποιεί είναι

να υποτιμήσει τη σημασία αυτής της υπόθεσης, αφού, όπως ήδη διαβάσατε στο απόσπασμα παραπάνω, θέλει να δηλώσει πως πολλοί στο παρελθόν είχαν μιλήσει για κάποιο είδος κίνησης της γης. Άρα η μη αναφορά στον Αρίσταρχο δεν μπορεί να γίνεται για να έχει ο Κοπέρνικος όλη τη «δόξα», αφού ο Κοπέρνικος μιλάει για συγκεκριμένα άτομα που είχαν διατυπώσει παρόμοιες απόψεις και, το σημαντικότερο, θέλει να πείσει τον Πάπα ότι το εγχείρημά του δεν είναι κάτι τόσο ριζοσπαστικό, αφού διάφοροι, και πολλοί πιο σημαντικοί από τον ίδιο, είχαν διατυπώσει ανάλογες σκέψεις πριν από αυτόν και η Εκκλησία δεν τους θεωρεί εχθρούς της. Άρα η τακτική που ακολουθεί ο ίδιος ο Κοπέρνικος για να νομιμοποιήσει τις ιδέες του είναι όχι να ισχυριστεί ότι είναι ο πρώτος που λέει τέτοια πράγματα, αλλά ένας από τους πολλούς. Παραμένει όμως το ερώτημα που θέσαμε: Γνώριζε ο Κοπέρνικος τις απόψεις του Αρίσταρχου και, αν ναι, γιατί δεν τον αναφέρει;

Ας δούμε πώς θα μπορούσαμε να απαντήσουμε ορισμένες από τις ερωτήσεις που θέσαμε. Στο χειρόγραφο από το οποίο και εκδίδεται το *De Revolutionibus* υπάρχει ένα εκτεταμένο χωρίο όπου ο Κοπέρνικος αναφέρει τον Αρίσταρχο και το οποίο είναι σβησμένο με μαύρες γραμμές και άρα δεν εμφανίζεται στην τελική έκδοση. Ανάμεσα στα άλλα αναφέρει ότι ο Φιλόλαος πίστευε στην κίνηση της Γης «που ορισμένοι λένε πως ήταν και η άποψη του Αρίσταρχου από τη Σάμο». Άρα ο Κοπέρνικος γνώριζε περί Αρίσταρχου. Η σημαντικότερη αναφορά που υπάρχει στην ηλιοκεντρική θεωρία του Αρίσταρχου ήταν στο έργο του Αρχιμήδη *Ψαμμίτης*. Η λατινική μετάφραση του *Ψαμμίτης* δημοσιεύεται ένα χρόνο μετά τη δημοσίευση του *De Revolutionibus* και το θάνατο του Κοπέρνικου, αλλά μήπως το γεγονός ότι δεν είχε μία λατινική πηγή γι' αυτό που θα ισχυριζόταν έκανε διστακτικό τον Κοπέρνικο να συμπεριλάβει στο δημοσιευμένο έργο την αναφορά που είχε στον Αρίσταρχο στο χειρόγραφο; Ενδεχομένως. Η υπόθεση, όμως, του Αρίσταρχου αναφέρεται και από τον Πλούταρχο, τον οποίο γνωρίζουμε ότι είχε διαβάσει ο Κοπέρνικος.

Ας αλλάξουμε τώρα λίγο τον προσανατολισμό μας και ας αναρωτηθούμε ποιο ήταν το κύρος του Αρίσταρχου την εποχή του Κοπέρνικου, ποια ήταν η εκτίμηση που είχαν οι λόγιοι στο έργο του; Στον *Ψαμμίτη* η ηλιοκεντρική υπόθεση του Αρίσταρχου είχε γίνει αντικείμενο κριτικής από τον Αρχιμήδη. Ήταν τόσο μεγάλο το κύρος του Αρχιμήδη στην εποχή του Κοπέρνικου, ακόμη και τόσους αιώνες μετά το θάνατό του, που σίγουρα δε βοηθούσε το σκοπό του Κοπέρνικου να ταυτιστεί με τις ιδέες ενός ατόμου στο οποίο είχε κάνει κριτική ο Αρχιμήδης. Έτσι, ενώ από το χειρόγραφο του Κοπέρνικου καταλαβαίνουμε ότι ο Κοπέρνικος δεν αγνοούσε την ύπαρξη της ηλιοκεντρικής πρότασης του Αρίσταρχου και πως όσο πιο μακρύς ήταν ο κατάλογος των ονομάτων που θα ανέφερε ότι πίστευαν στην ηλιοκεντρική θεωρία τόσο θα εξυπη-

ρετούσε την τακτική του ότι πολλοί πριν από αυτόν είχαν προτείνει το ηλιοκεντρικό σύστημα, ο Κοπέρνικος αποφεύγει να αναφέρει τον Αρίσταρχο, στον οποίο είχε ασκήσει κριτική ο Αρχιμήδης και ο οποίος επιπλέον είχε, κατά τον Πλούταρχο, κατηγορηθεί για έλλειψη ευλάβειας από τον Κλεάνθη «ως κινούντα του κόσμου την εστίαν».

Βλέπετε με ποιο τρόπο, αρχίζοντας με ένα ερώτημα σχετικά με την απουσία αναφοράς στον Αρίσταρχο, οδηγούμαστε σε πολλά άλλα ερωτήματα που μας βοηθούν να κατανοήσουμε το ιστορικό φαινόμενο ή το ιστορικό πρόβλημα που είναι η διατύπωση της ηλιοκεντρικής υπόθεσης από τον Κοπέρνικο. Όπως έχουμε συζητήσει και στο πρώτο κεφάλαιο, αυτό μάς δείχνει τους τρόπους με τους οποίους εργαζόμαστε και ως ιστορικοί της επιστήμης: Κάθε φορά, όταν αντιμετωπίζουμε ένα θέμα, θα πρέπει να το «σπάσουμε» σε πολλά υποθέματα διατυπώνοντας όσα περισσότερα ερωτήματα μπορούμε, χωρίς να ξεχνάμε ποτέ την αφετηρία μας. Η δυνατότητα να διατυπώνουμε νέα ερωτήματα και πολλές φορές να διατυπώνουμε ερωτήματα, μετά την ανάγνωση ικανοποιητικών απαντήσεων που έχουν δοθεί σε προηγούμενα ερωτήματα, αποτελεί όχι μόνο ένα από τα γοητευτικότερα στοιχεία στην άσκηση της ιστορίας της επιστήμης, αλλά και νομιμοποιεί την ανάλυση και συζήτηση πολλών θεμάτων που θεωρούσαμε πως έχουν ήδη εξαντληθεί. Η ίδια η έννοια της εξάντλησης ενός θέματος είναι ξένη —και υπονομευτική— προς την ιστορία της επιστήμης.

Φαίνεται ότι ο Κοπέρνικος είχε μια βαθιά πίστη στην παρακαταθήκη των αρχαίων. Θεωρούσε πως το πτολεμαϊκό σύστημα είχε γίνει τόσο περίπλοκο ώστε να έχει «προδοθεί» η αρχή των αρχαίων ότι οι κινήσεις των ουράνιων σωμάτων πρέπει να κατανοηθούν με βάση την ομαλή κυκλική κίνηση. Για να εξασφαλίσει συμφωνία ανάμεσα στις παρατηρήσεις και στα αποτελέσματα των υπολογισμών, με βάση πάντα την ομαλή κυκλική κίνηση, το γεωκεντρικό σύστημα του Πτολεμαίου αναγκάστηκε να εισαγάγει έναν ολοένα αυξανόμενο αριθμό επικύκλων και να επινοήσει πολλά μαθηματικά τεχνάσματα. Ο Κοπέρνικος πίστευε ότι η μελέτη των ουράνιων σωμάτων με τις ομαλές κυκλικές κινήσεις που υποστήριζαν οι αρχαίοι έπρεπε να οδηγήσει σε ένα απλό και αρμονικό σύμπαν. Το πτολεμαϊκό όμως σύμπαν, ως η πιο επεξεργασμένη συνέχεια της κοσμολογίας των αρχαίων, οδηγούσε σε μία απίστευτα σύνθετη εικόνα του σύμπαντος. Όταν ο Κοπέρνικος έκανε τους πρώτους του υπολογισμούς με τον Ήλιο στο κέντρο και τη Γη να περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο, συνειδητοποίησε ότι μειώνεται αισθητά —χωρίς βέβαια να μηδενίζεται— ο αριθμός των επικύκλων. Μπορούσε επίσης να ερμηνεύσει τη συμπεριφορά των πλανητών με ποιοτικά απλούστερο τρόπο. Θεωρώντας ότι αυτό είναι πιο κοντά στις απόψεις των αρχαίων, προχώρησε στην επεξεργασία του μοντέλου του. Όσο όμως προχωρούσε στην επεξεργασία της πρότασής του, τόσο ερχόταν αντιμέτωπος με διάφορα προ-

βλήματα, που τα έλυνε χρησιμοποιώντας ουσιαστικά τις «συνταγές» του πτολεμαϊκού συστήματος. Παρ' όλα αυτά όμως επέμενε στην αρχική του υπόθεση της τοποθέτησης του Ήλιου στο κέντρο του σύμπαντος.

Ο Κοπέρνικος λοιπόν διατυπώνει την ηλιοκεντρική του υπόθεση μέσα από έναν ιδιόμορφο συντηρητισμό. Θεωρεί πως οι αστρονομικοί υπολογισμοί έχουν καταστεί τόσο περίπλοκοι που ουσιαστικά ακυρώνουν την παράδοση των αρχαίων και ειδικότερα του Πλάτωνα. «Πρότερον το τέλειον του ατελούς» είχε πει ο Πλάτωνας. Από αυτή την μεταφυσική αρχή προέκυπτε αμέσως πως ανάμεσα σε όλες τις δυνατές κινήσεις που μπορεί να είχαν οι πλανήτες θα έπρεπε να προτιμηθούν οι πιο τέλειες: οι ομαλές (δηλαδή μη επιταχυνόμενες) κυκλικές κινήσεις. Αν κανείς παρατηρήσει τον ουρανό το βράδυ, θα δει ότι χιλιάδες άστρα έχουν ομαλές κυκλικές τροχιές, εκτός από ελάχιστα που φαίνονται να πλανώνται. Η μεταφυσική αρχή του Πλάτωνα υπονοούσε πως η αληθινή κίνησή τους είναι ομαλή κυκλική αλλά μας δίνουν την εντύπωση μιας πολύ πιο περίπλοκης κίνησης. Με βάση τώρα τις αρχές του Πλάτωνα, θα έπρεπε να αναπτυχτεί μία μέθοδος του «σώζειν τα φαινόμενα». Αυτές οι κατευθυντήριες γραμμές οδήγησαν στη δημιουργία της πτολεμαϊκής παράδοσης, της οποίας η βάση είναι στις επινοήσεις του Εύδοξου και του Ίππαρχου. Η αυθαίρετη όμως προσθήκη επικύκλων και η εισαγωγή του εξισωτή οδήγησαν σε μία τερατώδη κατάσταση, που ουσιαστικά ερχόταν σε πλήρη σύγκρουση με το απλό σχετικά σχήμα που υπονοούσαν οι κατευθυντήριες αρχές των αρχαίων. Ο Κοπέρνικος ισχυρίζεται ότι θέλει να επαναφέρει αυτή την απλότητα ή να διερευνήσει τις δυνατότητες που του δίνει μία υπόθεση που δεν είναι ανάγκη να θεωρηθεί αληθινή αλλά μονάχα βολική για τους υπολογισμούς. Γι' αυτό και πασχίζει να πείσει τον Πάπα ότι το έργο του πρέπει να διαβαστεί και να σχολιαστεί μονάχα από αστρονόμους και μαθηματικούς. Θέλει να το συζητήσει με αυτούς που ασχολούνται επαγγελματικά με τους υπολογισμούς και υπονοεί προφανώς ότι δε θέλει να εμπλακούν σε αυτή την υπόθεση οι φιλόσοφοι, οι οποίοι θα θέσουν θέματα οντολογίας, δηλαδή της φυσικής υπόστασης του συγκεκριμένου μοντέλου.

Από τα παραπάνω αναδεικνύεται το αδιέξοδο στη σκέψη αρκετών ατόμων που επιμένουν να μελετούν την ιστορία μέσα από το σχήμα «οι προοδευτικές ιδέες οδηγούν στην πρόοδο, ενώ οι συντηρητικές ιδέες εμποδίζουν την πρόοδο». Βεβαίως, υπάρχουν περιπτώσεις όπου αυτή η διαπίστωση είναι σωστή. Τονίζουμε όμως ότι δεν είναι χρήσιμη σαν μία γενική αρχή για την κατανόηση των διάφορων καταστάσεων ανεξαρτήτως τόπου και χρόνου. Ας δούμε τι εννοούμε στην περίπτωση του Κοπέρνικου: Αν κυρίαρχο στην ανάλυσή μας είναι η πίστη του στην άποψη των αρχαίων για ομαλή και κυκλική κίνηση, τότε ο Κοπέρνικος έχει σαφέστατα ένα «συντηρητικό» προσα-

νατολισμό, αφού δε συμμεριζόταν τις προσεγγίσεις και τα αποτελέσματα ό,τι πιο σύγχρονου υπήρχε στην εποχή του σχετικά με το σύμπαν. Αν κυρίαρχο στην ανάλυσή μας είναι η εμμονή του στη ριζοσπαστική υπόθεση της περιστροφής της Γης γύρω από τον Ήλιο, τότε ο Κοπέρνικος έχει σαφέστατα έναν «προοδευτικό» προσανατολισμό. Αν λοιπόν επιμένουμε σε τέτοιου είδους σχηματικούς τρόπους σκέψης, τότε οδηγούμαστε σε αδιέξοδα ή απλοϊκές ερμηνείες του τύπου «κάποτε ο Κοπέρνικος δρούσε ως συντηρητικός και κάποτε ως προοδευτικός». Αντιθέτως, αυτό που έχει σημασία στην ιστορία των επιστημών είναι να μπορούμε να μελετήσουμε το παρελθόν χωρίς προκαταλήψεις, με ανοικτό μυαλό και χωρίς να εγκλωβιζόμαστε από την αρχή σε ερμηνευτικά σχήματα που προκύπτουν από ιδεολογικές προκαταλήψεις.

Αντίστοιχη είναι και η επιχειρηματολογία σχετικά με το Γαλιλαίο. Το τηλεσκόπιο που είχε κατασκευαστεί πριν ο Γαλιλαίος πάρει στα χέρια του το πρώτο δείγμα ήταν σχεδόν άχρηστο για να χρησιμοποιηθεί για ουράνιες παρατηρήσεις. Γνωρίζουμε ότι ο Γαλιλαίος βελτίωσε το τηλεσκόπιο και κυρίως κατασκεύασε φακούς που έφερναν τα μακρινά αντικείμενα ακόμη πιο κοντά. Εδώ, και στο πλαίσιο της προβληματικής σχετικά με την προτεραιότητα των εφευρέσεων, το ερώτημα που ενδιαφέρει τους ιστορικούς είναι να κατανοηθεί το συνολικό πλέγμα ιδεών και επιδιώξεων του Γαλιλαίου, στο πλαίσιο των οποίων ο Γαλιλαίος άρχισε να χρησιμοποιεί το τηλεσκόπιο. Σε ποια ερωτήματα αναζητούσε απαντήσεις ο Γαλιλαίος εκείνη την περίοδο και πόσο τον βοήθησε το τηλεσκόπιο σε αυτές του τις αναζητήσεις; Αλλά θα πρέπει επίσης να διερευνηθεί και κατά πόσο το τηλεσκόπιο συνέβαλε στην πραγματοποίηση συγκεκριμένων επιδιώξεών του. Γνωρίζουμε τη συμπάθεια εκείνη την περίοδο του Γαλιλαίου στο ηλιοκεντρικό σύστημα του Κοπέρνικου. Η οποιαδήποτε πρόσθετη πληροφορία μπορεί να ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη για την παραπέρα ενίσχυση του ηλιοκεντρικού συστήματος, που στο μεταξύ ο Kepler είχε δείξει ότι μπορεί να οδηγήσει σε σαφείς νόμους. Οι πρώτες του παρατηρήσεις οδηγούν στην περαιτέρω υπονόμηση του αριστοτελικού σύμπαντος: Η Σελήνη δεν είναι τέλεια σφαίρα. Υπονομεύεται επίσης και μία από τις αντιρρήσεις που υπήρχε εναντίον του Κοπέρνικου, ότι δε φαίνεται πολύ «λογικό» να υπάρχει μονάχα ένα σώμα (δηλαδή η Γη) που να έχει δορυφόρο ένα άλλο σώμα: Οι παρατηρήσεις του Γαλιλαίου δείχνουν ότι υπήρχε και ο Δίας με τους δορυφόρους του. Και το γεγονός ότι ανάμεσα στις πρώτες παρατηρήσεις είναι ότι ο Γαλαξίας αποτελείται από πάρα πολλά αστέρια υπονόμει πάλι μία άλλη κριτική εναντίον του κοπερνίκειου συστήματος, ότι το κοπερνίκειο σύμπαν σε αντίθεση με το αριστοτελικό έπρεπε να είναι πολύ πιο μεγάλο, σχεδόν άπειρο. Όταν το 1612, δύο χρόνια μετά τη δημοσίευση του βιβλίου του *Ο Αγγελιοφόρος των Αστρων*, ο Γαλιλαίος ανακαλύπτει τις φάσεις της Αφροδίτης, δεν έχει πια καμία αμφιβολία για την

εγκυρότητα του κοπερνίκειου συστήματος: Αρκεί να επινοήσει έναν αποτελεσματικό τρόπο να πείσει τους αστρονόμους αλλά κυρίως να πείσει την Εκκλησία.

Σίγουρα και για τις δύο του επιδιώξεις θα ήταν πολύ χρήσιμο να έχει ισχυρούς προστάτες. Το 1609 ο Γαλιλαίος ήταν ένας μη μόνιμος χαμηλόμισθος καθηγητής μαθηματικών στο Πανεπιστήμιο της Πάδοβας. Τα άτομα με εξουσία ήταν οι καθηγητές φιλοσοφίας και καθηγητής φιλοσοφίας στην Πάδοβα ήταν ο Cesare Cremonini, γνωστός νεο-αριστοτελικός και με κριτική διάθεση προς τις νέες ιδέες του Γαλιλαίου. Ο Γαλιλαίος δε χρησιμοποίησε το τηλεσκόπιο μονάχα για να κάνει αστρονομικές παρατηρήσεις αλλά πρώτα το «δώρισε» στους Βενετούς με αντάλλαγμα την ενίσχυση της θέσης του στο πανεπιστήμιο και λίγο αργότερα, όταν έκανε τις πρώτες του ανακαλύψεις, χρησιμοποίησε το τηλεσκόπιο για να πείσει την ισχυρότερη οικογένεια της Φλωρεντίας και μία από τις πιο σημαντικές στην Ιταλία, την οικογένεια των Μεδίκων, να τον διορίσουν ως τον επίσημο φιλόσοφο και μαθηματικό της Αυλής τους.

Τέλος, ο Γαλιλαίος έπρεπε να αντιμετωπίσει και ένα άλλο μέτωπο που θα μπορούσαμε να το προσδιορίσουμε ως γνωσιολογικό. Πώς γνωρίζουμε ότι αυτά που βλέπουμε από το τηλεσκόπιο δεν είναι τεχνητά φαινόμενα που δημιουργούνται εξαιτίας του τηλεσκοπίου; Η αποδοχή του τηλεσκοπίου ως ένα όργανο που αντικαθιστά και ενισχύει την όραση δεν ήταν δεδομένη. Μην ξεχνάμε ότι την εποχή εκείνη δεν υπήρχε μία θεωρία οπτικής ούτε και μία θεωρία για τους φακούς, ώστε να μπορούν να συμβάλουν στην αποδοχή του τηλεσκοπίου. Το πρόβλημα που τόσο συστηματικά είχε διερευνήσει ο Descartes σχετικά με την έλλειψη αξιοπιστίας των αισθήσεων δεν επέτρεπε την αυτόματη αποδοχή της λειτουργίας ενός τέτοιου οργάνου. Βέβαια, και κάποιιοι θα είχαν αυτό ως άλλοθι για να μην εξαπλωθεί η χρήση του τηλεσκοπίου. Τα ερωτήματα όμως που έθεσε ο καρδινάλιος Bellarmine στους καθηγητές του Collegio Romano το 1611 και οι ενισχυτικές για τις θέσεις του Γαλιλαίου εκθέσεις των καθηγητών, η ενθουσιώδης αντίδραση του Kepler μετά τις παρατηρήσεις που έκανε με το τηλεσκόπιο που του είχε στείλει ο Γαλιλαίος και οι εξαιρετικά σημαντικές συμβολές του στην πρακτική βελτίωση και θεωρητική κατανόηση της λειτουργίας των τηλεσκοπίων, όπως και τα τηλεσκόπια που ο Γαλιλαίος έστειλε ως δώρα σε καρδινάλιους και πρίγκιπες σε όλη την Ευρώπη, δημιούργησαν ένα «κλίμα» που συνέβαλε αποφασιστικά στο να καμφθούν οι αντιδράσεις.

Το πρόβλημα με το Νεύτωνα εκφράζει διαφορετικές ιστοριογραφικές διαστάσεις. Είναι αλήθεια πως η κατανόηση του φαινομένου της έλξης ή της βαρύτητας με ένα νόμο που θα ήταν συνάρτηση του αντιστρόφου τετραγώνου της απόστασης δύο σωμάτων είχε διατυπωθεί ως σκέψη πριν από τη διατύπωση του νόμου από το Νεύτωνα. Μάλιστα, φαίνεται πως ο Hooke είχε διατυπώσει το νόμο αυτό πριν από το



Νεύτωνα και ήταν γνωστό πως από τους νόμους του Kepler συνεπάγεται ένας τέτοιος νόμος. Ο Νεύτωνα όμως κατάφερε να *αποδείξει και το αντίστροφο*: ότι οι νόμοι του Kepler προκύπτουν από το νόμο αυτό, αλλά και ενέταξε το νόμο της παγκόσμιας έλξης στη μεγάλη σύνθεση που εκφράζει το *Principia*... Έτσι η διατύπωσή του από το Νεύτωνα αποτέλεσε σημαντικό σταθμό στην ενοποίηση του υπερσελήνιου και υποσελήνιου κόσμου, όπως και η συγκεκριμένη του ερμηνεία οδήγησε σε επανadiaτυπώσεις της θεωρίας της βαρύτητας πολύ αργότερα από τον Einstein.

## 2.6 Επιστημονικές διαμάχες

Το πρόβλημα της προτεραιότητας μας παραπέμπει και στο πρόβλημα των επιστημονικών διαμαχών, χωρίς βέβαια όλες οι διαμάχες να είναι διαμάχες προτεραιότητας. Τι είναι όμως οι επιστημονικές διαμάχες; Αποτελούν αποκλίσεις από την «κανονική» πορεία ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης; Είναι επεισόδια που αφορούν περισσότερο τις διαπροσωπικές σχέσεις των εμπλεκόμενων παρά την ίδια την επιστήμη; Εκφράζουν τη σύγκρουση ανάμεσα στους υποστηρικτές δύο διαφορετικών τρόπων θεώρησης συγκεκριμένων φαινομένων; Προφανώς οι επιστημονικές διαμάχες σχετίζονται με όλα τα παραπάνω. Οι μελέτες όμως των τελευταίων ετών οδήγησαν σε μία πολύ πιο σύνθετη εικόνα των επιστημονικών διαμαχών. Το σημείο στο οποίο συγκλίνουν όλοι οι ιστορικοί και κοινωνιολόγοι της επιστήμης είναι ότι οι επιστημονικές διαμάχες δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται ως διαφορετικής μορφής περιστατικά από τα υπόλοιπα γεγονότα που αφορούν την επιστημονική δραστηριότητα.

Για να χαρακτηριστεί μια επιστημονική διαφωνία *διαμάχη* θα πρέπει να έχει κάποια εύλογη χρονική διάρκεια και οι εμπλεκόμενες πλευρές να διατυπώσουν *δημόσια* τα επιχειρήματα και αντεπιχειρήματά τους. Η διαμάχη είναι κάτι περισσότερο από μια απλή διαφωνία ή συζήτηση επί επιστημονικών θεμάτων: Τα αντιτιθέμενα μέρη θα πρέπει να υποστηρίζουν το καθένα μια συγκεκριμένη άποψη, την οποία να θεωρούν τόσο σημαντική ώστε να την υπερασπίζονται δημόσια. Επίσης, για να θεωρηθεί μια διένεξη μεταξύ επιστημόνων *επιστημονική* διαμάχη, θα πρέπει η διακύβευσή της να αφορά την πρακτική της αντίστοιχης επιστημονικής κοινότητας συνολικά. Μια επιστημονική διαμάχη λοιπόν είναι εξ ορισμού μια δημόσια διαδικασία, στο πλαίσιο της οποίας εκφράζονται απόψεις που επιζητούν να γίνουν αποδεκτές εκ μέρους της εκάστοτε επιστημονικής κοινότητας και να μετασχηματίσουν την πρακτική της. Γι' αυτό και συχνά εμπλέκονται σ' αυτή μεγάλα τμήματα της κοινότητας ή τουλάχιστον παρακολουθούν εκ του σύνεγγυς την εξέλιξή της. Οι πιο κρίσιμες επιστημονικές διαμάχες μετασχηματίζουν τη φυσιογνωμία ενός επιστημονικού κλάδου μερικές φορές τόσο ριζικά που μπορεί να οδηγήσουν στη δημιουργία νέων επιστημονικών κλάδων.

Είναι προφανές ότι μια τέτοια διαδικασία συνδυάζει στοιχεία φιλοσοφικής, κοινωνικής και μεθοδολογικής φύσης.

Υπάρχουν πολλά είδη διαμαχών. Ο E. McMullin έχει προτείνει το χωρισμό των επιστημονικών διαμαχών στις τρεις ακόλουθες κατηγορίες:

**Διαμάχη γεγονότων:** Στη διάρκεια αυτών των διενέξεων αμφισβητείται η ύπαρξη ιδιοτήτων που παρατηρούνται πειραματικά ή η ορθότητα συγκεκριμένων παρατηρήσεων και των αντίστοιχων συναγωγών. Π.χ. η διαμάχη του Γαλιλαίου με το Scheiner για τις ηλιακές κηλίδες.

**Διαμάχη θεωριών:** Αφορά κυρίως τη διατύπωση θεωρητικών σχημάτων που περιγράφουν παρατηρούμενα φαινόμενα και προβλέπουν την πειραματική συμπεριφορά συγκεκριμένων συστημάτων. Π.χ. η διαμάχη του Νεύτωνα με το Hooke σχετικά με τα ερμηνευτικά σχήματα για τα πειράματα του πρώτου με το φως.

**Διαμάχη αρχών:** Σχετίζεται με τη νομιμοποίηση των οντολογικών ή μεθοδολογικών αρχών που διέπουν την πρακτική ορισμένου επιστημονικού κλάδου. Π.χ. η διαμάχη του Νεύτωνα με τους πολέμιους της άποψής του περί «δράσης από απόσταση».

Είναι προφανές ότι καμία διαμάχη στην ιστορία της επιστήμης δεν ταυτίζεται αποκλειστικά με κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες. Τις πιο πολλές φορές σε μια επιστημονική διαμάχη συναντάμε περισσότερες από μία μορφές διένεξης, αφού η ίδια η άσκηση της επιστημονικής πρακτικής περιλαμβάνει, με τρόπο που είναι αδύνατο να διαχωριστούν, το εμπειρικό, το θεωρητικό και το οντολογικό επίπεδο. Το ενδιαφέρον που έχουν αυτού του τύπου οι ταξινομήσεις είναι ότι βοηθούν τον ιστορικό να φέρει στην επιφάνεια τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της διαμάχης που μελετά και να αναδείξει τον ιδιαίτερο ρόλο που αυτή έπαιξε στη συγκρότηση της πρακτικής ενός ορισμένου επιστημονικού κλάδου.

Πώς τελειώνει μια επιστημονική διαμάχη; Μολονότι μια εύλογη απάντηση θα μπορούσε να είναι «με την πειραματική επιβεβαίωση της αλήθειας μιας θεωρίας ή με την παραγωγή μιας συνεπούς θεωρητικής σύνθεσης από μια σειρά νέων πειραματικών δεδομένων», η κατάσταση είναι συνήθως εξαιρετικά πιο σύνθετη. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που η θεωρητική σύνθεση που επικρατεί στη διάρκεια μιας διαμάχης στηρίζεται στα ίδια πειραματικά δεδομένα που στηριζόταν και η αντίπαλή της θεωρία. Όπως επίσης δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που τα νέα πειραματικά δεδομένα μπορούν να εξηγηθούν εξίσου ικανοποιητικά τόσο από τη νέα θεωρία όσο και από μια μετασχηματισμένη εκδοχή της παλιάς.

Είναι επίσης χαρακτηριστικό των διαμαχών ότι καμία διαμάχη δεν τελειώνει με

«καθαρό» τρόπο. Η κοινωνική οργάνωση της επιστημονικής κοινότητας, η οποία συνήθως καθορίζεται από την ευρύτερη κοινωνική πραγματικότητα, δεν επηρεάζει μόνο τους όρους ύπαρξης μιας άποψης στο εσωτερικό της. Στο βαθμό που οι επιστημονικές διαμάχες είναι δημόσιες, η κοινότητα ως κοινωνικό σώμα αποφασίζει και για την εγκυρότητα των κριτηρίων που χρησιμοποιούνται για την αποδοχή ή την απόρριψη των αντιτιθέμενων απόψεων. Από αυτή την άποψη ο τερματισμός μιας διαμάχης είναι μια εξαιρετικά πολύπλοκη υπόθεση – και αυτό, μαζί με τη μορφολογική ποικιλία τους, είναι που καθιστά τη μελέτη των επιστημονικών διαμαχών ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον αντικείμενο μελέτης για τους ιστορικούς της επιστήμης.

### Σύνοψη

*Η Επιστημονική Επανάσταση αποτελεί ουσιαστικά και την οριστική ρήξη με τη σχολαστική παράδοση —μία παράδοση βέβαια που είχε ενσωματώσει και πάρα πολλά στοιχεία της αρχαιότητας. Για την κατανόηση της φύσης δεν αναζητάμε πια τις ποιητικές αιτίες, αλλά τους νόμους στους οποίους υπακούουν τα φαινόμενα. Δε μας ενδιαφέρουν πια οι ποιοτικοί τρόποι περιγραφής, αλλά οι ποσοτικές (και κατά συνέπεια μαθηματικοποιημένες) εκφράσεις που θα μπορούν να ελεγχθούν και πειραματικά. Άρχισε να διαμορφώνεται μία κοινότητα των φυσικών φιλοσόφων —δηλαδή η επιστημονική κοινότητα— με δικό της χαρακτηριστικό λόγο και δικούς της νέους θεσμούς, όπως ήταν η Βασιλική Εταιρεία στο Λονδίνο και η Ακαδημία των Επιστημών στο Παρίσι. Η συστηματική μελέτη αυτής ειδικά της περιόδου ανέδειξε και την πολυμορφία των διεργασιών μέσα από τις οποίες η κοινωνία γενικότερα άρχισε να πείθεται για τη νέα φιλοσοφία, δηλαδή την επιστήμη. Οι νομιμοποιητικές διαδικασίες, οι διαπραγματεύσεις και η συναίνεση μαζί με την πειθώ που ασκούσαν τα πειράματα (αλλά σίγουρα όχι μόνο αυτά), όλα αυτά μαζί συνέβαλαν στη βαθμιαία αποδοχή της νέας φιλοσοφίας. Τα πολιτικά και κοινωνικά γεγονότα, τα οποία μεταμόρφωσαν την Ευρώπη, και οι τόσο βαθιές αλλαγές στον τρόπο σκέψης μας και στις πεποιθήσεις μας, χωρίς το ένα να είναι αιτία για το άλλο, αλληλοεπηρεάστηκαν. Διαφορετικοί ιστορικοί της επιστήμης δίνουν και διαφορετική βαρύτητα στα διάφορα στοιχεία που συνέβαλαν στη διαμόρφωση της σύγχρονης επιστήμης. Τέλος, αναφερόμαστε στις επιστημονικές διαμάχες και στα προβλήματα προτεραιότητας. Στην ιστορία των επιστημών μελετάμε κατά κύριο λόγο τα κείμενα των φιλοσόφων και των επιστημόνων, όπως και το αρχαιακό υλικό μέσα από το οποίο συγκροτούμε τα γεγονότα. Στα παραρτήματα θα έχετε την ευκαιρία να διαβάσετε ένα πρωτότυπο κείμενο γραμμένο από το Γαλιλαίο, που πραγματεύεται θέματα σχετικά με την ερμηνεία της Βίβλου, να διαβάσετε ορισμένα από τα στοιχεία της δίκης του Γαλιλαίου και να παρα-*

κολουθήσετε τις λεπτομέρειες μιας επιστημονικής διαμάχης ανάμεσα στους οπαδούς του Νεύτωνα και του Leibniz που ήταν για θέματα φυσικής αλλά το υπόβαθρό της ήταν θεολογικές διαφορές.

## Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης

1. Ποια είναι τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της Επιστημονικής Επανάστασης;
2. Ποια από τα νέα χαρακτηριστικά έρχονται σε πλήρη ρήξη με την αριστοτελική παράδοση;
3. Τι ρόλο έπαιξε η ανακάλυψη των νέων φαινομένων για την πραγματοποίηση της Επιστημονικής Επανάστασης;  
*Οι σκέψεις που εκφράζει ο Butterfield στην παράγραφο που έχουμε αντιγράψει από το βιβλίο του «Οι Απαρχές της Σύγχρονης Επιστήμης» δεν πρέπει να γίνουν αποδεκτές με έναν απόλυτο τρόπο. Και βέβαια και δεν ήταν η ανακάλυψη νέων φαινομένων που έκανε τους φιλοσόφους να ζανασκεφτούν αυτά που έως τότε υποστήριζαν, αλλά σίγουρα η παρατήρηση ενός κομήτη το 1577, η παρατήρηση μιας έκλαμψης στον αστερισμό της Κασσιόπης που κράτησε περίπου δύο χρόνια το 1572 και βεβαίως οι ανακαλύψεις του Γαλιλαίου της ανώμαλης επιφάνειας της Σελήνης, των δορυφόρων του Δία, των πολλών αστερών στο Γαλαξία, των φάσεων της Αφροδίτης και των ηλιακών κηλίδων άρχισαν να λειτουργούν ενισχυτικά των νέων ιδεών που είχαν αρχίσει ήδη να διαμορφώνονται.*
4. Ποια ήταν τα ηθικά διλήμματα που αντιμετώπιζαν οι λόγιοι του 16ου και του 17ου αιώνα, όταν μελετούσαν τη φύση;
5. Τι είναι μία επιστημονική κοινότητα; Ποια είναι τα χαρακτηριστικά της; Πώς διαμορφώνεται;
6. Ποιες είναι ορισμένες από τις νέες έννοιες που η μελέτη των επιστημονικών κοινοτήτων ανέδειξε ως ιδιαίτερα χρήσιμες;  
*Θα πρέπει εδώ να επισημανθεί πως πολλές από αυτές τις έννοιες έχουν την αφετηρία τους και στις νέες προσεγγίσεις που έγιναν τα τελευταία χρόνια στην κοινωνιολογία της επιστήμης. Η κοινωνιολογία της επιστήμης είναι ένας κλάδος που τελευταία γνωρίζει μεγάλη ανάπτυξη και μάλιστα ορισμένοι θεωρούν πως η ιστορία των επιστημών είναι ουσιαστικά κοινωνιολογία των επιστημών.*
7. Ποια είναι τα βασικά πολιτικά και κοινωνικά γεγονότα που σημάδεψαν την περίοδο της Επιστημονικής Επανάστασης;

8. Τι είδους συσχετισμούς μπορούμε να βρούμε ανάμεσα στην προβληματική του Λούθηρου και αυτή του Κοπέρνικου;
9. Ποιες είναι οι διαφορετικές ιστοριογραφικές προσεγγίσεις για τα θέματα της Επιστημονικής Επανάστασης; Θα μπορούσατε να τις κατηγοριοποιήσετε;
10. Τι ακριβώς είναι το πρόβλημα της προτεραιότητας

*Η συζήτηση για τα προβλήματα προτεραιότητας δεν είναι προφανώς τα μόνα από την κατηγορία των ειδικότερων προβλημάτων που διερευνούν οι ιστορικοί της επιστήμης. Θα μπορούσατε να σκεφτείτε και άλλα τέτοιου είδους προβλήματα. Την περίπτωση π.χ. που μία νέα θεωρία προτείνεται από πολλά άτομα που καταλήγουν σε αυτή μέσα από διαφορετικά σκεπτικά ή μίας ανακάλυψης που γίνεται από διαφορετικά άτομα σχεδόν ταυτόχρονα. Η διατύπωση του νόμου για τη διατήρηση της ενέργειας το 19ο αιώνα είναι μία τέτοια περίπτωση.*

11. Τι θα μπορούσαμε να πούμε για το γεγονός ότι ο Κοπέρνικος δεν αναφέρει τον Αρίσταρχο το Σάμιο ανάμεσα σε αυτούς που είχαν ήδη μιλήσει για ένα ηλιοκεντρικό σύμπαν;
12. Ποια ήταν η κριτική που άσκησε ο Αρχιμήδης στον Αρίσταρχο; Γιατί κατηγορεί ο Πλούταρχος τον Αρίσταρχο;
13. Τι προσπαθεί να υποστηρίξει ο Κοπέρνικος στο εδάφιο από την εισαγωγή στο *De Revolutionibus...* που παραθέτουμε;
14. Ποια ήταν τα αφετηριακά σημεία της προβληματικής του Κοπέρνικου; Τι έβρισκε στους αρχαίους που θεωρούσε πως είχε στο μεταξύ υπονομευτεί;
15. Ποιες είναι οι ανακαλύψεις που κάνει ο Γαλιλαίος με το τηλεσκόπιο; Γιατί είναι τόσο σημαντικές;
16. Τι συνιστά μία επιστημονική διαμάχη; Ποια είναι ορισμένα από τα χαρακτηριστικά της;
17. Ποια είναι τα είδη των διαμαχών;

## Δραστηριότητες

1. Προσπαθήστε να βρείτε λεπτομέρειες για το τι είναι ο νεο-πλατωνισμός, ο ερμητισμός και οι νεο-πυθαγόρειες ιδέες. Η περίοδος για την οποία μιλήσαμε είναι μία περίοδος όπου δεν υπάρχουν μόνο οι συγκρούσεις ανάμεσα σε αυτά τα ρεύματα αλλά αναδεικνύεται και η συνύπαρξη όλων αυτών των ρευμάτων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη σχέση ανάμεσα στον αριστοτελισμό και στον πλατωνισμό. Τα σημεία διαφοράς είναι απλό να εντοπιστούν, όπως είναι επίσης απλό να αναδειχτούν οι διαμάχες ανάμεσα στους οπαδούς του Πλάτωνα και τους οπαδούς του Αριστοτέλη. Εκείνο που είναι πολύ πιο σύνθετο είναι να κατανοηθούν τα στοιχεία που αλληλοεπηρεάσαν τα δύο ρεύματα και συνέβαλαν στη συνύπαρξη τους. Προσπαθήστε να αποκτήσετε μία αίσθηση αυτής της κατάστασης.
2. Προσπαθήστε να σκιαγραφήσετε το κίνημα της Μεταρρύθμισης. Διαφορετικοί ιστορικοί δίνουν διαφορετική έμφαση σε διαφορετικά στοιχεία. Ποιες ήταν οι διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις ηγετικές μορφές του κινήματος; Πώς εκφράστηκε το κίνημα αυτό στα πανεπιστήμια; Πώς εκφράστηκε στα διαφορετικά μέρη της Ευρώπης; Πώς εκφράστηκε στα φιλοσοφικά έργα; Πώς εκφράστηκε σε έργα φυσικής φιλοσοφίας; Ποιες ήταν οι διαφορές ανάμεσα στον Έρασμο και στο Λούθηρο σχετικά με την ελευθερία στη σκέψη και ανάγνωση;
3. Ποιες θέσεις υιοθέτησε η επίσημη Εκκλησία για να απαντήσει στις κατηγορίες των μεταρρυθμιστών; Σε ποια θεολογικά ζητήματα δόθηκε απάντηση; Ποια άλλα θέματα αποσαφηνίστηκαν;
4. Διερευνήστε τη διάσταση της πατρωνίας στη ζωή του Γαλιλαίου.  
*Θα έχετε ενδεχομένως συναντήσει το θεσμό της πατρωνίας στην ιστορία της τέχνης. Το ενδιαφέρον είναι ότι οι πλούσιες και ισχυρές οικογένειες της Ευρώπης όπως και πολλοί βασιλείς δεν περιορίζονταν στο ρόλο των «χορηγών και προστατών» των καλλιτεχνών, αλλά συμπεριλάμβαναν και διάφορους (φυσικούς) φιλοσόφους. Η περίπτωση του Γαλιλαίου και η σχέση του με την αυλή των Μεδίκων της Φλωρεντίας είναι αρκετά χαρακτηριστική. Ανάλογες σχέσεις είχε καλλιεργήσει και ο Kepler. Είμαστε επίσης συνηθισμένοι να θεωρούμε πως η πατρωνία ήταν ένας θεσμός μέσα από τον οποίο οι δημιουργοί είχαν εξασφαλίσει τα προς το ζην και έτσι μπορούσαν να συνεχίσουν το έργο τους. Ειδικά στην περίπτωση των φιλοσόφων —και όχι μόνο— υπήρχε και μία πρόσθετη λειτουργία του θεσμού. Η προστασία από την Εκκλησία, τους βασιλείς ή τους αριστοκράτες προσέδιδε κύρος στο είδος της καλλιτεχνικής ή επιστημονικής δημιουργίας και άρα*

*νομιμοποιούσε τις καινούργιες προσεγγίσεις και τις νέες ιδέες. Μέσα από αυτό το πρίσμα θα πρέπει να θεωρήσουμε και τη ζωή του Γαλιλαίου, κυρίως μετά το 1611.*

5. Ποιοι ιστορικοί ανήκουν στις διάφορες κατηγορίες που αναφέρονται στην υποενότητα 2.4 και ποια είναι τα σημαντικότερα έργα τους;

*Σε πρώτη φάση προσπαθήστε να κατανοήσετε τις προσεγγίσεις των A.Koyre, J.Bernal, R.Westfall και R.Merton.*

6. Διαβάστε για την αρχή της «διπλής αλήθειας». Ποιοι την πρωτοδιατύπωσαν και τι μορφή πήρε μετά τα γεγονότα στο Παρίσι;
7. Με αφορμή το έργο του Κοπέρνικου και σαν συνέχεια των παραπάνω προβληματισμών μπορούμε να συζητήσουμε στην ιστορία των επιστημών το πρόβλημα της συνέχειας και ασυνέχειας. Πώς ακριβώς μπορεί να χαρακτηριστεί το έργο του Κοπέρνικου: ότι σηματοδοτεί το τέλος μιας εποχής ή την αρχή μιας άλλης; Τι κουβαλάει από το παρελθόν και τι καινούργιο φέρνει; Θεωρείτε την Επιστημονική Επανάσταση ως συνέχεια του Μεσαίωνα ή πιστεύετε ότι είναι σε διάσταση με αυτόν; Βρείτε έναν οπαδό της μιας και έναν οπαδό της άλλης άποψης και εξηγήστε τι νοείται ως συνέχεια και ως ασυνέχεια στη συγκεκριμένη περίπτωση.
8. Στριζόμενοι στις παραπάνω συζητήσεις σχετικά με τον Κοπέρνικο και το Γαλιλαίο διερευνήστε το «πρόβλημα» ανάμεσα στο Hooke και το Νεύτωνα.
9. Ποια είναι η ερμηνεία της θεωρίας της βαρύτητας; Σε τι διαφέρει η θεωρία που διατυπώνεται στο Principia από αυτή που ο Νεύτωνας διατυπώνει το 1666; Τι ρόλο μπορεί να έπαιξε η ενασχόλησή του με την αλχημεία σε αυτό το θέμα;
10. Μελετώντας τις λεπτομέρειες των παραπάνω διαμαχών και άλλων που μπορείτε να βρείτε εσείς, είναι δυνατό να διακρίνετε διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους τερματίζονται οι διαμάχες; Ισχύει για όλες τις διαμάχες ότι τερματίζονται με την υπεροχή και κυριαρχία της μιας πλευράς;

## Παράρτημα I

### Γράμμα του Γαλιλαίου στην κυρία Χριστίνα της Λοραίνης, Μεγάλη Δούκισσα της Τοσκάνης

#### Η δικαιοδοσία σε θέματα θεολογίας και ποιος δικαιούται να έχει λόγο στη θεολογία

Στη συζήτηση της σχέσης θεολογίας και επιστήμης, αυτό που συνήθως σχολιάζεται είναι η δικαιοδοσία της Εκκλησίας σε θέματα επιστήμης. Το αντίστροφο, η δικαιοδοσία των επιστημόνων, και κυρίως των λαϊκών σε θέματα θεολογίας, αποτελεί ένα εξίσου σημαντικό ιστορικό πρόβλημα. Η διαμόρφωση της επιστημονικής κοινότητας, το 17ο αιώνα, έπαιξε αναμφισβήτητα καθοριστικό ρόλο και σε αυτό το πεδίο. Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα περιστατικά είναι το γράμμα του Γαλιλαίου στη Δούκισσα Χριστίνα. Μετά τη δημοσίευση το 1610 του έργου του Γαλιλαίου *Ο Αγγελιοφόρος των Άστρων* και το διορισμό του ως μαθηματικού και φιλοσόφου της Αυλής των Μεδίκων, υπήρξε κάποια ανησυχία στην Αυλή ότι οι νέες ανακαλύψεις μπορεί να έρχονται σε αντίθεση με εδάφια της Βίβλου. Το πιο γνωστό εδάφιο σχετίζεται με τον Ιησού του Ναυή, ο οποίος διατάζει τον Ήλιο να σταθεί ακίνητος: «Τότε ελάλησεν ο Ιησούς προς τον Κύριον, (...) και είπεν ενώπιον του Ισραήλ, Στήθι, Ήλιε, επί την Γαβαών, και συ Σελήνη, επί την φάραγγα Αιαλών. Και ο Ήλιος εστάθη και η Σελήνη έμεινεν, εωσού ο λαός εκδικηθή τους εχθρούς αυτού. (...) Και εστάθη ο Ήλιος εν τω μέσω του ουρανού, και δεν έσπευσε να δύση έως μιας ολοκλήρου ημέρας» (Ιησούς του Ναυή, 10: 12–13). Το χωρίο αυτό θα είχε νόημα μόνο εάν η Γη ήταν ακίνητη και περιστρεφόταν ο Ήλιος γύρω της. Ετίθετο, με άλλα λόγια, το εξαιρετικά σοβαρό πρόβλημα της ανάγνωσης και προφανώς ερμηνείας της Βίβλου. Ο Γαλιλαίος αναλύει αυτό το πρόβλημα σε δύο μακροσκελέστατες επιστολές του, η πρώτη στις 21 Δεκεμβρίου 1613 στον Benedetto Castelli (1578–1643), που είχε δεχτεί το Γαλιλαίο στην Έδρα Μαθηματικών του Πανεπιστημίου της Πίζας και με τον οποίο είχε συνεργαστεί στις μετρήσεις για τις κηλίδες του Ήλιου, και η δεύτερη στη Δούκισσα Χριστίνα της Λοραίνης, μητέρα του Μεγάλου Δούκα των Μεδίκων, Κόζιμο II, στις 11 Δεκεμβρίου 1615.

Ορισμένοι ιστορικοί έχουν την άποψη ότι η επιδίωξη του Γαλιλαίου ήταν να προσπαθήσει να πείσει τους λειτουργούς της Εκκλησίας να αποδεσμεύσουν την επιστημονική σκέψη από την πίστη, ενδεχομένως και για να προστατέψει την Εκκλησία από πιθανές αντιφάσεις της με την πραγματικότητα. Ο ίδιος έγραφε στη Δούκισσα Χριστίνα το 1616:



Θα εκλιπαρούσα αυτούς τους σοφούς και σώφρονες πατέρες να εξετάσουν με μεγάλη προσοχή τη διαφορά που υπάρχει ανάμεσα στην αποδεικτική γνώση και στη γνώση όπου η γνώμη είναι δυνατή. Ο σκοπός είναι ότι, με το να ζυγίσουν καλά μέσα στο μυαλό τους τη δύναμη με την οποία τα αναγκαία συμπεράσματα επιβάλλουν την αποδοχή τους, ίσως θα διαπιστώσουν από μόνοι τους ότι δεν είναι στο χέρι αυτών που επαγγέλλονται τις αποδεικτικές επιστήμες να αλλάζουν τις απόψεις τους όπως τους αρέσει και να τοποθετούνται τότε από τη μια μεριά και τότε από την άλλη.

Η διάθεσή του αυτή φαίνεται και από την επιστολή προς τη Χριστίνα, όπου διατυπώνει τις βασικές του θέσεις για την ερμηνεία των Γραφών και τη σχέση που πρέπει να έχει η θεολογία με τη φυσική φιλοσοφία. Αναφέρεται στους παλαιούς Πατέρες της Εκκλησίας, παραθέτοντας μάλιστα και αποσπάσματα από τον Αυγουστίνο, και στο διαχωρισμό της επιστήμης από τη θρησκεία που αυτοί πρώτοι είχαν προτείνει. Η δική του επιδίωξη ήταν η αυτονόμηση της επιστήμης και ο απεγκλωβισμός από την προσπάθεια κυριολεκτικής ερμηνείας των Γραφών. Καταφέρεται μάλιστα εναντίον των καθηγητών της φιλοσοφίας, γιατί θεωρούσε ότι αυτοί επινόησαν το ρήγμα ανάμεσα στην επιστήμη και τη θρησκεία και όχι οι θεολόγοι.

### **Ο Γαλιλαίος Γαλιλέι προς την Αυτού Εξοχότητα, τη Μεγάλη Δούκισσα και Μητέρα:[1]**

*(Η μετάφραση και τα σχόλια είναι του Μανώλη Πατηνιώτη και της Βαρβάρας Σπυροπούλου.)*

Πριν από μερικά χρόνια, όπως γνωρίζει καλά η Εξοχότητά σας, ανακάλυψα στους ουρανούς πολλά πράγματα που κανένας δεν τα είχε παρατηρήσει παλαιότερα. Το καινοφανές των πραγμάτων αυτών, καθώς και ορισμένες συνέπειες της ανακάλυψής τους, οι οποίες έρχονταν σε αντίθεση με την κοινή αντίληψη περί φύσης που επικρατεί στους κύκλους των φιλοσόφων, ξεσήκωσαν εναντίον μου όχι μικρό αριθμό καθηγητών – σαν να είχα τοποθετήσει αυτά τα πράγματα στον ουρανό εγώ ο ίδιος, με σκοπό να αναστατώσω τη φύση και να ανατρέψω τις επιστήμες. Φαίνεται πως ξέχασαν ότι η αύξηση του αριθμού των γνώσεων αποτελεί κίνητρο για την έρευνα, την εδραίωση και την ανάπτυξη των τεχνών και όχι για τη συρρίκνωση ή την καταστροφή τους.

[1] Η Χριστίνα της Λορραίνης είναι η μητέρα του Μεγάλου Δούκα, Κόζιμο ΙΙ, των Μεδίκων. Ο τίτλος της Μητέρας σημαίνει ότι πρόκειται για επίκληρο χήρα και συνοδεύει τον τίτλο της Δούκισσας για να γίνεται η διάκριση από τη σύζυγο του κληρονόμου υιού. Σ. τ. Μ.

Οι άνθρωποι αυτοί, δείχνοντας μεγαλύτερη προτίμηση για τη δική τους άποψη παρά για την αλήθεια, επιζητούσαν την απόρριψη και την άρνηση των νέων πραγμάτων, τα οποία ωστόσο θα επιβεβαιώνονταν από τις ίδιες τους τις αισθήσεις, εάν είχαν φροντίσει από μόνοι τους να τα διερευνήσουν. Για το σκοπό αυτό, εκτόξευσαν διάφορες κατηγορίες και δημοσίευσαν πολυάριθμα γραπτά γεμάτα άστοχα επιχειρήματα, περιέπεσαν δε στο βαρύτατο λάθος να τα διανθίσουν με χωρία από τη Βίβλο, τα οποία δεν είχαν κατανοήσει σωστά και τα οποία ήταν εντελώς ακατάλληλα για τους σκοπούς τους.

Οι άνθρωποι αυτοί δε θα είχαν ίσως διαπράξει τέτοιο σφάλμα, εάν λάμβαναν υπόψη μια ιδιαίτερα χρήσιμη συμβουλή του Αγίου Αυγουστίνου, σχετικά με τη δυνατότητά μας να διατυπώνουμε θετικές κρίσεις για πράγματα ασαφή, που είναι δύσκολο να τα κατανοήσει κάποιος με βάση μόνο τη λογική. Αναφερόμενος σε ένα συγκεκριμένο φυσικό συμπέρασμα σχετικά με τα ουράνια σώματα, έγραψε: «Έτσι λοιπόν, έχοντας πάντοτε κατά νου να τηρούμε με μεγάλη ευλάβεια την αρχή της μετριοφροσύνης, οφείλουμε να μην πιστεύουμε άκριτα όσα λέγονται σχετικά με κάποιο αμφισβητούμενο ζήτημα, που δεν έχει ξεκαθαριστεί πλήρως, γιατί μπορεί, από θετική προδιάθεση για το λάθος μας, να δείξουμε προκατάληψη απέναντι σε κάτι που αργότερα θα αποκαλυφθεί ότι, στην πραγματικότητα, δεν έρχεται κατά κανένα τρόπο σε αντίθεση με τα Ιερά Βιβλία της Παλαιάς και της Καινής

.....

Ελπίζω να αποδείξω ότι εγώ ενεργώ με πολύ μεγαλύτερη ευλάβεια απ' ό,τι εκείνοι, όταν ισχυρίζομαι όχι ότι τούτο το βιβλίο δεν πρέπει να καταδικαστεί, αλλά ότι δεν πρέπει να καταδικαστεί με τον τρόπο που εκείνοι προτείνουν, δηλαδή χωρίς να το κατανοήσουν, χωρίς να το ζυγιάζουν κι ακόμη χωρίς καλά-καλά να το διαβάσουν. Διότι ο Κοπέρνικος ποτέ δε διαπραγματεύεται ζητήματα θρησκείας ή πίστης, ούτε χρησιμοποιεί επιχειρήματα που καθ' οιονδήποτε τρόπο σχετίζονται με την αυθεντία των Ιερών Γραφών, στις οποίες θα μπορούσε να δώσει λανθασμένη ερμηνεία. Εμμένει πάντοτε στα φυσικά συμπεράσματα που αφορούν τις ουράνιες κινήσεις και το κάνει αυτό μέσω αστρονομικών και γεωμετρικών αποδείξεων που θεμελιώνονται πρωτίστως στην εμπειρική αίσθηση και τις πολύ ακριβείς παρατηρήσεις. Δεν αγνοεί τη Βίβλο, αλλά γνωρίζει πολύ καλά ότι σε περίπτωση που η θεωρία του αποδειχτεί δεν μπορεί να έρθει σε σύγκρουση με τις Γραφές, εάν αυτές κατανοηθούν σωστά. Έτσι λοιπόν, στο τέλος της αφιέρωσης που απευθύνει στον Πάπα, γράφει:

«Ίσως να υπάρξουν ορισμένοι λογοκόποι που θα ισχυριστούν ότι είναι κριτές της αστρονομίας —μολονότι παντελώς αδαείς περί του θέματος— και θα τολμήσουν, διαστρέφοντας ορισμένα χωρία των Γραφών για τους δικούς τους σκοπούς, να βρουν ψεγάδια στο εγχείρημά μου και να το κατηγορήσουν. Τους

αγνώω και περιφρονώ την κριτική τους ως αβάσιμη. Διότι είναι γνωστό ότι ο Λακτάντιος,<sup>[2]</sup> ένας κατά τα άλλα λαμπρός συγγραφέας, που όμως είχε ελάχιστη σχέση με την αστρονομία, μιλάει με αρκετή αφέλεια για το σχήμα της Γης, όταν χλευάζει εκείνους που ισχυρίστηκαν ότι η Γη είναι σφαιρική. Επομένως, οι άνθρωποι των γραμμάτων δε θα πρέπει να εκπλαγούν, εάν τέτοιου είδους άνθρωποι με γελοιοποιήσουν με παρόμοιο τρόπο. Η αστρονομία είναι γραμμένη για τους αστρονόμους.<sup>[3]</sup> Αυτοί θα καταλάβουν, πιστεύω, ότι το έργο μου αποτελεί επίσης και κάποιου είδους συνεισφορά στην Εκκλησία, της οποίας σήμερα προΐσταται η Αγιότητά Σας».<sup>[4]</sup>

Τέτοιοι λοιπόν είναι οι άνθρωποι που μάχονται να μας πείσουν ότι ένας συγγραφέας σαν τον Κοπέρνικο μπορεί να καταδικαστεί χωρίς να διαβαστεί, και οι οποίοι αντλούν επιχειρήματα από την αυθεντία της Βίβλου, των θεολόγων και των εκκλησιαστικών συμβουλίων, προκειμένου να μας κάνουν να πιστέψουμε ότι αυτό δεν είναι μόνο θεμιτό αλλά και αξιόπαινο. Δεδομένης της πεποίθησής μου ότι όλα τα παραπάνω αποτελούν φορείς ανώτατης αυθεντίας, θεωρώ πράγματι καθαρό θράσος το να διαφωνήσει κανείς μαζί τους —στο βαθμό που εξυπηρετούν τους σκοπούς της Αγίας Εκκλησίας. Δεν πιστεύω ωστόσο πως είναι λάθος να το δηλώσουμε ανοιχτά, εάν έχουμε τη βάσιμη υποψία ότι κάποιοι επιθυμούν, για προσωπικούς λόγους, να παρουσιάσουν και να χρησιμοποιήσουν την αυθεντία αυτή για σκοπούς εντελώς διαφορετικούς από τις ιερές προθέσεις της Αγίας Εκκλησίας.

Για το λόγο αυτό δηλώνω (και πιστεύω ότι η ειλικρίνειά μου θα φανεί στη συνέχεια) ότι όχι μόνο σκοπεύω να αποποιηθώ και να αποκηρύξω χωρίς ενδοιασμό τυχόν λάθη στα οποία θα περιπέσω στην πορεία της συζήτησης αυτής από άγνοια για θέματα σχετικά με τη θρησκεία, αλλά και ότι δεν επιθυμώ να εμπλακώ σε διαμάχες για τα ζητήματα αυτά με κανέναν, ακόμη και πάνω σε σημεία που είναι αμφισβητήσιμα. Ο σκοπός μου είναι τούτος μόνο: εάν, ανάμεσα στα λάθη από τα οποία μπορεί να είναι γεμάτη αυτή η διαπραγμάτευση ζητημάτων για τα οποία δεν έχω καμία αρμοδιότητα, υπάρχει κάτι που μπορεί να βοηθήσει την Αγία Εκκλησία να λάβει μια απόφαση σχετικά με το κοπερνίκαιο σύστημα, ας το πάρουν και ας το χρησιμοποιήσουν όπως νομίζουν καλύτερα οι ανώτεροι. Κι αν όχι, ας σκίσουν και ας κάψουν το βιβλίο μου,

[2] Lucius Lactantius (260–340). Συγγραφέας της πρώτης περιόδου του Χριστιανισμού. Σ. τ. Μ.

[3] Το απόσπασμα που παρατίθεται είναι από την αγγλική μετάφραση του «De Revolutionibus...» του Edward Rosen. Η μεταγραφή του Γαλιλαίου παρουσιάζει μια μικρή διαφορά με το κείμενο αυτό, η οποία μπορεί να είναι ενδεικτική των προθέσεών του: Ο Λακτάντιος αναφέρεται ως μέτριος μαθηματικός —όχι αστρονόμος— και η φράση «η αστρονομία είναι γραμμένη για τους αστρονόμους» αναφέρεται παραλλαγμένη: «τα μαθηματικά είναι γραμμένα για τους μαθηματικούς». Σ. τ. Μ.

[4] De Revolutionibus, f. iiii.

καθώς εγώ ποτέ δεν επιδίωξα ούτε θέλησα να αποκομίσω απ' αυτό κάποιο όφελος που να μην είναι σύμφωνο με τα ευσεβή ήθη και την Καθολική Εκκλησία. Μολονότι δε πολλά από τα πράγματα που θα αποδοκιμάσω τα έχω ακούσει με τα ίδια μου τ' αυτιά, θα κάνω την παραχώρηση σ' εκείνους που τα είπαν να θεωρήσω ότι δεν ειπώθηκαν ποτέ, αν αυτό είναι που επιθυμούν, και θα ομολογήσω ότι εγώ ο ίδιος έκανα λάθος. Επομένως, κάθε απάντηση που θα διατυπώσω ας θεωρηθεί ότι απευθύνεται όχι σ' εκείνους αλλά σε οποιονδήποτε έχει παρόμοιες απόψεις.

Ο λόγος που επικαλούνται για να καταδικάσουν την άποψη πως η Γη κινείται κι ο Ήλιος μένει ακίνητος είναι ότι σε πολλά σημεία στη Βίβλο μπορεί κανείς να διαβάσει ότι ο Ήλιος κινείται και η Γη μένει ακίνητη. Εφόσον λοιπόν δεν υπάρχει περίπτωση να σφάλει η Βίβλος, συνεπάγεται αναγκαστικά ότι λαθεμένη και αιρετική είναι η άποψη όσων υποστηρίζουν ότι ο Ήλιος είναι από τη φύση του ακίνητος και η Γη κινείται.

Όσον αφορά το επιχείρημα αυτό, θεωρώ καταρχήν ότι αποτελεί πράξη σωφροσύνης και ευλάβειας το να πούμε και να επιβεβαιώσουμε πως η ιερή Βίβλος δεν μπορεί παρά να γράφει την αλήθεια —ανεξάρτητα από το πώς γίνεται κατανοητό το πραγματικό της νόημα. Πιστεύω όμως ότι κανείς δε θ' αρνηθεί πως το περιεχόμενό της συχνά είναι πολύ δυσνόητο και μπορεί να αναφέρεται σε πράγματα που απέχουν αρκετά από αυτό που δηλώνουν οι λέξεις. Συνεπώς, εάν περιορίζεται κανείς πάντοτε στην κυριολεκτική απόδοση του νοήματος κατά την ερμηνεία της Βίβλου, κινδυνεύει να πέσει σε λάθη. Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να αποδώσει στη Βίβλο όχι μόνο αντιφάσεις και προτάσεις που απέχουν πολύ από την αλήθεια, αλλά ακόμη μωρίες και σοβαρές αιρέσεις. Έτσι, θα ήμαστε υποχρεωμένοι να θεωρήσουμε ότι ο Θεός έχει πόδια, χέρια και μάτια, καθώς επίσης σωματικές ιδιότητες και ανθρώπινα συναισθήματα, όπως θυμό, μεταμέλεια, μίσος, ενώ μερικές φορές δείχνει να λησμονά τα περασμένα και να αγνοεί τα μελλούμενα. Προτάσεις που διατυπώθηκαν από το Άγιο Πνεύμα, καταγράφηκαν μ' αυτό τον τρόπο στις Ιερές Γραφές, για να προσαρμοστούν στις δυνατότητες των απλών ανθρώπων, που είναι άξεστοι και αμαθείς. Είναι ανάγκη όμως, για χάρη εκείνων που ξεχωρίζουν από την αγέλη, να ερμηνευτεί από σοφούς σχολιαστές το αληθινό νόημα των χωρίων αυτών και να εξηγηθούν οι ιδιαίτεροι λόγοι για τους οποίους καταγράφηκαν με τα συγκεκριμένα λόγια. Η αντίληψη αυτή είναι πολύ διαδεδομένη και απολύτως αποδεκτή στους θεολογικούς κύκλους, ώστε θα ήταν περιττό να επικαλεστούμε την όποια απόδειξη γι' αυτό.

Ως εκ τούτου, πιστεύω πως είναι λογικό να συμπεράνουμε ότι κάθε φορά που η Βίβλος αναφέρεται σε κάποια φυσικά ζητήματα (ιδιαίτερα εκείνα που είναι ασαφή και δυσνόητα) γίνεται προσπάθεια να αποφευχθεί η δημιουργία σύγχυσης στα μυαλά των απλών ανθρώπων, διότι κάτι τέτοιο θα μπορούσε να προκαλέσει τη δυσπιστία

τους και απέναντι στα υψηλότερα μυστήρια. Η Βίβλος λοιπόν, μόνο και μόνο για να ανταποκριθεί στις περιορισμένες ικανότητες των απλών ανθρώπων, δε δίστασε να συσκοτίσει ορισμένες πολύ σημαντικές ρήσεις αποδίδοντας στον ίδιο το Θεό ιδιότητες που δεν έχουν καμία σχέση (και μάλιστα έρχονται σε αντίθεση) με την ουσία Του. Ποιος επομένως θα μπορούσε να ισχυριστεί ότι δεν ισχύει αυτή η αρχή και ότι η Βίβλος περιορίζεται αυστηρά στην καθαρή και ακριβή σημασία των λέξεών της, όταν μιλάει απλοϊκά για τη Γη, τα ύδατα, τον Ήλιο ή κάθε άλλο δημιούργημα; Ιδιαίτερα δε, αν λάβει κανείς υπόψη ότι τα πράγματα αυτά δε σχετίζονται σε καμία περίπτωση με τον πρωταρχικό σκοπό των ιερών Γραφών, που είναι να υπηρετούν το Θεό και να συμβάλλουν στη σωτηρία της ψυχής – ζητήματα απείρως απέχοντα από τις δυνατότητες κατανόησης των απλών ανθρώπων.

Με δεδομένα τα παραπάνω, νομίζω ότι κατά τη συζήτηση φυσικών προβλημάτων οφείλουμε να μην ξεκινάμε από την αυθεντία των ιερών κειμένων, αλλά από την εμπειρική αίσθηση και τις αναγκαίες αποδείξεις. Διότι η ιερή Βίβλος και τα φαινόμενα της φύσης εκπορεύονται εξίσου από το θείο Λόγο, η πρώτη καθ' υπαγόρευση του Αγίου Πνεύματος και τα δεύτερα ως αυστηρή εκτέλεση των εντολών του Θεού. Η Βίβλος, προκειμένου να προσαρμοστεί στις δυνατότητες κατανόησης του κάθε ανθρώπου, είναι αναγκασμένη να αναφέρεται σε πολλά πράγματα που, αν ληφθούν με την κυριολεκτική τους σημασία, φαίνονται να μην έχουν σχέση με την απόλυτη αλήθεια. Από την άλλη όμως η Φύση είναι ανελέητη και αναλλοίωτη· ποτέ δεν παραβιάζει τους νόμους που έχουν τεθεί σ' αυτή ούτε ενδιαφέρεται καθόλου εάν τα δυσνόητα αίτια και οι τρόποι με βάση τους οποίους λειτουργεί γίνονται κατανοητοί από τους ανθρώπους. Γι' αυτό φαίνεται ότι κανένα φυσικό συμπέρασμα, απ' όσα μάς αποκαλύπτει η εμπειρική αίσθηση ή μας φανερώνουν οι αναγκαίες αποδείξεις, δεν πρέπει να τίθεται σε αμφισβήτηση (και πολύ λιγότερο να καταδικάζεται) με βάση τη μαρτυρία βιβλικών χωρίων, που μπορεί να κρύβουν κάποιο διαφορετικό νόημα πίσω από τις λέξεις τους. Διότι η Βίβλος δε δεσμεύεται σε κάθε της έκφραση από συνθήκες τόσο αυστηρές όσο εκείνες που διέπουν όλα τα φυσικά φαινόμενα. Ούτε κι ο Θεός αποκαλύπτεται με λιγότερη τελειότητα στις πράξεις της Φύσης απ' ό,τι στον ιερό λόγο της Βίβλου. Ίσως αυτό να εννοούσε ο Τερτούλιαν<sup>[5]</sup> με τα παρακάτω λόγια:

«Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι γνωρίζουμε το Θεό πρώτα διαμέσου της Φύσης και μετά ξανά, και πιο συγκεκριμένα, διαμέσου του δόγματος. Η Φύση αποκαλύπτει τα έργα Του και το δόγμα αποκαλύπτει το λόγο Του».<sup>[6]</sup>

[5] Quintus Tertullian (160–230). Θεολόγος της πρώτης περιόδου του χριστιανισμού. Αν και ορισμένες ρήσεις του έγιναν παροιμιώδεις, έχει διατυπώσει και απόψεις που απέχουν από το χριστιανικό δόγμα. Σ. τ. Μ.

[6] Adversus Marcionem, ii, 18

Λέγοντας αυτό δεν υπαινίσσομαι ότι δε χρειάζεται να τρέφουμε εξαιρετικό σεβασμό για τα κείμενα των ιερών Γραφών. Αντίθετα, αφού φτάσουμε σε κάποιες βεβαιότητες σχετικά με τη φυσική, οφείλουμε να τις χρησιμοποιήσουμε ως το πλέον κατάλληλο μέσο για την ορθή παρουσίαση της Βίβλου και για την έρευνα των νοημάτων εκείνων που περιέχονται αναγκαστικά σ' αυτή, διότι τα νοήματα αυτά πρέπει να συμφωνούν με τις αποδειγμένες αλήθειες. Θα έλεγα λοιπόν ότι η αυθεντία της Βίβλου σκοπό έχει να πείσει τον άνθρωπο για τις προτάσεις και τους κανόνες της πίστης που, επειδή ξεπερνούν την ανθρώπινη νόηση, δε θα μπορούσαν να γίνουν πιστευτοί ούτε μέσω της επιστήμης ούτε με κανένα άλλο τρόπο, παρά μόνο διά στόματος του ίδιου του Αγίου Πνεύματος.

Επιπλέον, ακόμη και όταν πρόκειται για προτάσεις που δεν αφορούν ζητήματα πίστης, η αυθεντία αυτή θα πρέπει να υπερισχύει έναντι όλων όσων έχουν γραφτεί από ανθρώπινο χέρι, αν αυτά αποτελούν σκέτους ισχυρισμούς ή πιθανολογικά επιχειρήματα και δεν εκτίθενται με αποδεικτικό τρόπο. Θεωρώ ότι τούτο είναι αναγκαίο και ορθό στο βαθμό που η θεϊκή σοφία υπερβαίνει κάθε ανθρώπινη κρίση και εικασία.

Αλλά δεν αισθάνομαι υποχρεωμένος να πιστέψω ότι ο ίδιος ο Θεός που μας προίκισε με αισθήσεις, με λογική και με ευφυΐα θέλησε να αγνοήσει τη χρήση τους και να μας προσφέρει τη γνώση που θα μπορούσαμε να αποκτήσουμε μέσω αυτών με διαφορετικό τρόπο. Δε θα είχε βέβαια την απαίτηση από μας να αρνηθούμε τις αισθήσεις και τη λογική σε σχέση με τα φυσικά φαινόμενα που η άμεση εμπειρία ή οι αναγκαίες αποδείξεις φανερώνουν στα μάτια και το νου μας. Αυτό θα πρέπει να ισχύει ιδιαίτερα στις επιστήμες εκείνες για τις οποίες υπάρχουν στη Βίβλο ελάχιστα στοιχεία (και αυτά με μορφή συμπερασμάτων). Για την αστρονομία, λόγου χάρη, υπάρχουν τόσο λίγα στοιχεία ώστε δεν αναφέρεται κανείς απ' τους πλανήτες, εκτός από τον Ήλιο, τη Σελήνη και, μία ή δύο φορές, την Αφροδίτη κι αυτή με το όνομα «Εωσφόρος».<sup>[7]</sup> Εάν οι ιερές Γραφές είχαν την πρόθεση να διδάξουν στους ανθρώπους τη συγκεκριμένη διευθέτηση και τις κινήσεις των ουράνιων σωμάτων ή εάν ήθελαν να συναγάγουμε τη γνώση αυτή από τη Βίβλο, τότε κατά τη γνώμη μου δε θα μιλούσαν για τα ζητήματα αυτά με τόση φειδώ σε σχέση με την απειρία των θαυμαστών συμπερασμάτων τα οποία έχει να επιδείξει η επιστήμη αυτή. Για να μην παραστήσουν ότι μας διδάσκουν τη σύσταση και τις κινήσεις των ουράνων και των αστερών, τα σχήματα, τα μεγέθη και τις αποστάσεις τους, οι συγγραφείς της Βίβλου απέφυγαν ηθελημένα να μιλήσουν για τούτα τα πράγματα, παρόλο που ήταν όλα γνωστά σ' αυτούς. Αυτή είναι και η γνώμη των αγιότερων και πιο μορφωμένων Πατέρων· στον Άγιο Αυγουστίνο δε, βρίσκουμε τα ακόλουθα λόγια:<sup>[8]</sup>

[7] «Εωσφόρος» είναι μία από τις ονομασίες της Αφροδίτης και σημαίνει το αστέρι που προαναγγέλλει την έλευση της αυγής. Σ. τ. Μ.

[8] De Genesi ad literam, ii, 9.

«Παρομοίως τίθεται συχνά το ερώτημα τι θα έπρεπε να πιστεύουμε για τη μορφή και το σχήμα των ουρανών σύμφωνα με τις Γραφές, γιατί πολλοί φιλονοικών για τα ζητήματα αυτά. Αλλά με εξαιρετική ευσέβεια οι συγγραφείς μας απέφυγαν να μιλήσουν γι' αυτά, διότι δεν προσφέρουν στο μελετητή κανένα επιπλέον στοιχείο που να αφορά τον ευλαβικό βίο και – ακόμη σημαντικότερο – διότι έτσι θα καταναλωνόταν μεγάλο μέρος του χρόνου που προορίζεται για την άσκηση των ιερών καθηκόντων. Τι σημασία έχει για μένα αν ο ουρανός μοιάζει με σφαίρα που περιβάλλει τη Γη απ' όλες τις πλευρές σαν να ήταν μια μάζα που αιωρείται στο κέντρο του σύμπαντος ή αν μοιάζει με δίσκο που σκεπάζει τη Γη από τη μια πλευρά; Εφόσον το ζήτημα που μας απασχολεί είναι η αυθεντία των Γραφών θα επαναλάβω μια θέση, την οποία έχω διατυπώσει περισσότερες από μία φορές: Δεν πρέπει να ξεγελιέται κανείς, όταν ανακαλύπτει στη Βίβλο ή συνάγει από αυτή κάτι, το οποίο μοιάζει να αντιτίθεται σε αποδεδειγμένα συμπεράσματα, και να αρχίζει, λόγω άγνοιας των ιερών κειμένων, να αμφισβητεί την αλήθεια τους ακόμη και στις περιπτώσεις που αναφέρουν, ορίζουν και διδάσκουν ζητήματα πολύ σημαντικότερα. Με δυο λόγια, όσον αφορά τη μορφή του ουρανού οι συγγραφείς μας γνώριζαν την αλήθεια αλλά το Άγιο Πνεύμα δεν επιθυμούσε να μάθει ο άνθρωπος πράγματα που δεν έχουν καμία χρησιμότητα για τη σωτηρία της ψυχής».<sup>[9]</sup>

Το γεγονός ότι αυτοί οι ιεροί συγγραφείς απαξιούν να ασχοληθούν με αντιλήψεις που αφορούν τα ουράνια σώματα επισημαίνεται και πάλι από τον Άγιο Αυγουστίνο στο επόμενο κεφάλαιό του. Στην ερώτηση λοιπόν εάν πρέπει να πιστέψουμε ότι ο ουρανός κινείται ή μένει ακίνητος, γράφει:

«Μερικοί αδελφοί διατυπώνουν ένα ερώτημα που αφορά την κίνηση του ουρανού, εάν δηλαδή ο ουρανός είναι σταθερός ή κινείται. Εάν κινείται, λένε, τότε πώς είναι δυνατό να μιλάμε για στερέωμα; Εάν πάλι μένει ακίνητος, πώς είναι δυνατό τα αστέρια, που θεωρούμε ότι είναι στερεωμένα πάνω του, να κινούνται κυκλικά από την ανατολή προς τη δύση, αυτά δε που βρίσκονται πιο βόρεια να διαγράφουν μικρότερους κύκλους κοντά στον πόλο, έτσι ώστε ο ουρανός (εάν υπάρχει και άλλος πόλος άγνωστος σε μας) να μοιάζει ότι περιστρέφεται γύρω από κάποιο άξονα, ή (εάν δεν υπάρχει άλλος πόλος) να μας δίνει την εντύπωση ότι κινείται σαν δίσκος; Στους ανθρώπους αυτούς απαντώ ότι απαιτείται μια πολύ λεπτή και εμβριθής αιτιολόγηση, για να μπορέσουμε να διαπιστώσουμε τι από τα δύο πραγματικά συμβαίνει. Όμως ούτε υπάρχει χρόνος για τη διαπραγ-

[9] Την ίδια άποψη συναντάμε και στο Βιβλίο των Προτάσεων του Πέτρου του Λομβαρδού.

μάτευση του θέματος αυτού ούτε βρίσκω ότι κάτι τέτοιο εμπίπτει στα καθήκοντα εκείνων στους οποίους επιθυμώ να διδάξω ουσιώδη ζητήματα που προσβλέπουν στη σωτηρία της ψυχής και τη χάρη της αγίας Εκκλησίας.<sup>[10]</sup>

Από τα παραπάνω προκύπτει ως αναγκαία συνέπεια ότι, εφόσον το Άγιο Πνεύμα δεν είχε την πρόθεση να μας διδάξει ότι ο ουρανός κινείται ή ότι μένει ακίνητος, ούτε ότι το σχήμα του είναι σφαιρικό ή ομοιάζει με δίσκο ή εκτείνεται σε ένα επίπεδο, ούτε ότι η Γη βρίσκεται στο κέντρο του ή εκτός αυτού, τότε πολύ λιγότερο είχε την πρόθεση να διατυπώσει και οποιοδήποτε άλλο παρόμοιο συμπέρασμα. Η δε κίνηση ή η ακινησία της Γης και του Ήλιου συνδέονται τόσο στενά με τα προαναφερθέντα ώστε, εάν δεν υπάρξει οριστικό συμπέρασμα γι' αυτές, δεν μπορεί να αποφασιστεί η αλήθεια καμίας από τις υπόλοιπες απόψεις. Έτσι λοιπόν, αν το Άγιο Πνεύμα σκόπιμα απέφυγε να μας διδάξει τέτοιου είδους αλήθειες επειδή δε βρίσκονται σε συνάφεια με τον ύψιστο σκοπό (δηλαδή τη σωτηρία της ψυχής μας), πώς μπορεί κάποιος να ισχυρίζεται ότι είναι υποχρεωτικό να πάρουμε τη μία ή την άλλη θέση απέναντι σ' αυτές και ότι η μία άποψη είναι σύμφωνη με την πίστη ενώ η άλλη είναι εσφαλμένη; Είναι δυνατό μια άποψη να είναι αιρετική μολονότι δεν έχει καμία σχέση με τη σωτηρία της ψυχής; Μπορεί κανείς να ισχυριστεί ότι το Άγιο Πνεύμα παρέλειψε να μας διδάξει κάτι που αφορά τη σωτηρία της ψυχής μας; Θα αναφέρω, στο σημείο αυτό, κάτι που είπε ένας διαπρεπής αξιωματούχος της Εκκλησίας.<sup>[11]</sup>

«Πρόθεση του Αγίου Πνεύματος είναι να μας διδάξει την πορεία προς τον ουρανό και όχι την πορεία του ουρανού».

.....

Τα φυσικά συμπεράσματα, τα οποία λένε ότι πρέπει να τα δεχόμαστε όπως αναφέρονται στις Γραφές, χωρίς να τα σχολιάζουμε ή να τα ερμηνεύουμε παραλλάσσοντας την κυριολεκτική τους απόδοση, είναι εκείνα για τα οποία η Βίβλος μιλάει πάντα με το ίδιο νόημα και οι Άγιοι Πατέρες τα εκλαμβάνουν και τα ερμηνεύουν με τον ίδιο τρόπο. Όσον αφορά όμως αυτές τις κρίσεις, είχα την ευκαιρία να εξετάσω διάφορα ζητήματα, τα οποία θα εκθέσω στη συνέχεια, προκειμένου να δεχτώ τις διορθώσεις εκείνων που γνωρίζουν περισσότερα απ' όσα εγώ στα θέματα αυτά – διότι πάντοτε υπακούω στις αποφάσεις τους.

Κατ' αρχάς διερωτώμαι μήπως το γεγονός ότι δεν έχουμε ορίσει τις αρετές που προσδίδουν στην ιερή Θεολογία τον τίτλο της «βασίλισσας» υποδηλώνει κάποια ασάφεια.

[10] De Genesi ad literam, ii, 10.

[11] Ο Καρδινάλιος Baronius [Ο Cesare Baronio (1538–1607) εχρίσθη καρδινάλιος το 1596. Το 1598 επισκέφτηκε την Πάδοβα μαζί με τον Καρδινάλιο Bellarmine και πιθανόν τότε να συναντήθηκε με το Γαλιλαίο. Σ. τ. Μ.]



Ίσως να της αξίζει το όνομα αυτό, επειδή περιλαμβάνει κάθε τι που γίνεται γνωστό απ' όλες τις άλλες επιστήμες και θεμελιώνει τα πάντα με καλύτερες μεθόδους και βαθύτερη κατανόηση. Το ίδιο, λόγου χάρη, συμβαίνει με την Αριθμητική και με την Ευκλείδεια Γεωμετρία, οι οποίες περιέχουν τους κανόνες μέτρησης των χωραφιών και τους κανόνες για την τήρηση λογαριασμών με πολύ μεγαλύτερη σαφήνεια απ' ό,τι οι πρακτικές μέθοδοι των ανθρώπων που μετρούν τη γη και τηρούν λογιστικά βιβλία. Ίσως πάλι η Θεολογία να είναι βασίλισσα, επειδή ασχολείται με ένα αντικείμενο που υπερέχει σε μεγαλοπρέπεια από όλα τα άλλα αντικείμενα που συνιστούν τις υπόλοιπες επιστήμες και επειδή η διδασκαλία της αποκαλύπτεται με τον πλέον μεγαλειώδη τρόπο.

Νομίζω ότι κανένας θεολόγος που έχει κάποια γνώση γύρω από τις άλλες επιστήμες δεν πρόκειται να επιβεβαιώσει ότι ο τίτλος και το κύρος της βασίλισσας ανήκουν στη Θεολογία σύμφωνα με την πρώτη εκδοχή. Διότι δεν πιστεύω ότι θα βρεθεί κάποιος που θα ισχυριστεί πως η Γεωμετρία, η Αστρονομία, η Μουσική και η Ιατρική περιλαμβάνονται στη Βίβλο με μεγαλύτερη πληρότητα απ' ό,τι στα βιβλία του Αρχιμήδη, του Πτολεμαίου, του Μπόέτιου<sup>[12]</sup> και του Γαληνού. Ως εκ τούτου φαίνεται πιθανό ότι η Θεολογία κατέχει τα βασιλικά πρωτεία σύμφωνα με τη δεύτερη εκδοχή. Δηλαδή λόγω του αντικειμένου της και της υπερφυσικής αποκάλυψης των Θείων αληθειών που δε θα μπορούσε να συλλάβει ο ανθρώπινος νους με κανένα άλλο τρόπο και που σκοπό κυρίως έχουν να χαρίσουν την αιώνια ευλογία.

Ας δεχτούμε λοιπόν ότι η Θεολογία είναι πηγή του υψηλότερου θεϊκού στοχασμού και κατέχει το βασιλικό θρόνο μεταξύ των επιστημών λόγω της μεγαλοπρεπειάς της. Αφού όμως απέκτησε το υψηλό κύρος της κατ' αυτό τον τρόπο κι αφού δεν κατεβαίνει στο χαμηλότερο και πιο ταπεινό επίπεδο των υποδεέστερων επιστημών και δεν ασχολείται μ' αυτές, διότι το αντικείμενό τους δεν αφορά τη θεία ευλογία, τότε εκείνοι που την υπηρετούν δε θα πρέπει να διεκδικούν αυθαίρετα για τον εαυτό τους την εξουσία να αποφασίζουν σχετικά με διαμάχες σε τομείς που ούτε έχουν σπουδάσει ούτε έχουν εξασκήσει. Γιατί αυτό θα ήταν σαν να υπήρχε ένας απόλυτος άρχων που, ενώ δεν είναι ούτε γιατρός ούτε αρχιτέκτονας, θεωρεί ωστόσο ότι είναι ελεύθερος να διατάζει κι έτσι αναλαμβάνει να χορηγεί ιατρικά και να υψώνει κτίρια ανάλογα με τις διαθέσεις του —πράγμα που συνεπάγεται σοβαρότατο κίνδυνο για τις ζωές των δύστυχων ασθενών του και σύντομη κατάρρευση των οικοδομημάτων του.

Εξάλλου, το να απαιτήσει κανείς από τους πλέον έμπειρους αστρονόμους να μεριμνήσουν για την άρση των ιδίων τους των αποδείξεων και των παρατηρήσεων που

[12] Anicius Boethius (475–525): Ρωμαίος φιλόσοφος και πολιτικός. Έγραψε το βιβλίο *Περί Μουσικής*, που μέχρι την εποχή του Γαλιλαίου θεωρούνταν το πληρέστερο σύγγραμμα σ' αυτό τον τομέα. Σ. τ. Μ.

έχουν κάνει, θεωρώντας ότι δεν είναι παρά σοφίσματα και σφάλματα, είναι σαν να απαιτεί κάτι που βρίσκεται πέρα από οποιαδήποτε δυνατότητα πραγματοποίησης. Διότι κάτι τέτοιο θα ισοδυναμούσε με την απαίτηση να μη βλέπουν αυτό που βλέπουν, να μην κατανοούν αυτό που γνωρίζουν και να βρίσκουν το αντίθετο εκείνου που πραγματικά συναντούν κατά την έρευνα. Προτού βέβαια γίνει αυτό, θα έπρεπε να διδαχτούν πώς να κάνουν τη μία διανοητική λειτουργία να εξουσιάζει την άλλη και τις κατώτερες λειτουργίες να στέκουν πάνω από τις ανώτερες, έτσι ώστε η φαντασία και η βούληση να εξαναγκαστούν να πιστέψουν το αντίθετο απ' αυτό που καταλαβαίνει η νόηση. Αναφέρομαι πάντοτε σε προτάσεις που αφορούν αποκλειστικά φυσικά φαινόμενα και όχι σε υπερφυσικά ζητήματα, τα οποία αποτελούν αντικείμενο της πίστης.

Εκλιπαρώ τους σοφούς και ευσεβείς Πατέρες να εξετάσουν με μεγάλη προσοχή τη διαφορά που υπάρχει μεταξύ των θεωριών που υπόκεινται σε αποδείξεις και εκείνων που υπόκεινται στην ανθρώπινη κρίση. Εάν λάβουν υπόψη την ακαταμάχητη ισχύ των λογικών πορισμάτων, θα καταλάβουν ότι αυτοί που ασχολούνται με τις αποδεικτικές επιστήμες δεν μπορούν να αλλάζουν γνώμη κατά βούληση και να τάσσονται τότε με τη μία και τότε με την άλλη πλευρά. Υπάρχει μεγάλη διαφορά ανάμεσα στην εντολή που θα δώσουν σ' ένα μαθηματικό ή ένα φιλόσοφο και στην επιρροή που θα ασκήσουν σε ένα δικηγόρο ή έναν έμπορο, διότι τα αποδειγμένα συμπεράσματα που αφορούν τα πράγματα της φύσης ή του ουρανού δεν μπορούν να μεταβληθούν με την ευκολία που αλλάζουν οι απόψεις σχετικά με το τι είναι ή δεν είναι νόμιμο σε κάποιο συμβόλαιο, σε μια συναλλαγή ή σε κάποια συναλλαγματική. Τη διαφορά αυτή είχαν κατανοήσει σε βάθος οι μορφωμένοι και άγιοι Πατέρες, όπως αποδεικνύει το γεγονός ότι κατέβαλαν ιδιαίτερη προσπάθεια για να άρουν διάφορα φιλοσοφικά σφάλματα. Τούτο μπορεί να το δει κανείς να εκφράζεται ρητά σε κάποιους από αυτούς. Στον Άγιο Αυγουστίνο μάλιστα συναντάμε τα ακόλουθα λόγια: «Πρέπει να θεωρηθεί αναμφισβήτητη αλήθεια πως ο,τιδήποτε απέδειξαν οι σοφοί του κόσμου τούτου και αφορά φυσικά ζητήματα δεν είναι σε καμία περίπτωση αντίθετο με τη Βίβλο. Συνεπώς, εάν κάποιο ζήτημα από αυτά που αναφέρουν οι σοφοί στα βιβλία τους βρίσκεται σε αντίθεση με την Αγία Γραφή, μπορεί να θεωρηθεί, χωρίς δισταγμό, εντελώς εσφαλμένο. Και σε ό,τι αφορά τη δική μας στάση, πρέπει να το πούμε καθαρά αυτό και να διαφυλάξουμε την πίστη μας στον Κύριο, στον οποίο ενυπάρχουν όλοι οι θησαυροί της σοφίας, έτσι ώστε να μη μας παραπλανά η φλυαρία της ψευδούς φιλοσοφίας ούτε να μας τρομοκρατούν οι προλήψεις του κίβδηλου θρησκευτικού λόγου».<sup>[13]</sup>

[13] De Genesi ad literam, I, 21

Από τα παραπάνω λόγια νομίζω ότι μπορώ να συναγάγω το ακόλουθο αξίωμα: Στα βιβλία των σοφών του κόσμου τούτου περιέχονται μερικές φυσικές αλήθειες που είναι πλήρως αποδειγμένες και άλλες που απλώς διατυπώνονται. Όσον αφορά τις πρώτες, είναι καθήκον των σοφών θεολόγων να δείξουν ότι δεν αντιφάσκουν προς τις ιερές Γραφές. Και όσον αφορά τις προτάσεις που απλώς διατυπώνονται αλλά δεν αποδεικνύονται αυστηρά, κάθε τι που περιέχουν και αντίκειται στη Βίβλο θα πρέπει να θεωρείται, χωρίς καμία αμφιβολία, εσφαλμένο και τούτο να καταδεικνύεται με όλα τα δυνατά μέσα.

Εάν λοιπόν τα φυσικά συμπεράσματα που έχουν αποδειχτεί με βεβαιότητα δεν είναι απαραίτητο να εξαρτώνται από τα βιβλικά κείμενα, αλλά μάλλον τα δεύτερα πρέπει να φαίνεται ότι δεν έρχονται σε αντίθεση με κείνα, τότε προτού καταδικαστεί μια φυσική πρόταση θα πρέπει να δείχτεί ότι αυτή δεν προκύπτει από κάποια αυστηρή απόδειξη —κι αυτό πρέπει να γίνει όχι από εκείνους που θεωρούν την πρόταση αληθή, αλλά από εκείνους που τη θεωρούν ψευδή. Αυτό φαίνεται πολύ λογικό και φυσιολογικό, διότι εκείνοι που πιστεύουν ότι ένα επιχείρημα είναι εσφαλμένο μπορούν να βρουν πολύ πιο εύκολα τα λάθη σ' αυτό, απ' ό,τι οι άνθρωποι που το θεωρούν αληθές και πειστικό. Γιατί πράγματι στη δεύτερη περίπτωση συμβαίνει το εξής: όσο περισσότερο οι υποστηρικτές μιας άποψης ξεφυλλίζουν τα γραπτά τους, εξετάζουν τα επιχειρήματα, επαναλαμβάνουν τις παρατηρήσεις και συγκρίνουν τις εμπειρίες τους, τόσο περισσότερο πείθονται για την ορθότητα της άποψής τους. Η Υψηλότητά σας θα γνωρίζει βεβαίως τι συνέβη στον αείμνηστο εκείνο μαθηματικό του Πανεπιστημίου της Πίζα,<sup>[14]</sup> ο οποίος ανέλαβε, στα γεράματά του, να διερευνήσει τη θεωρία του Κοπέρνικου με την ελπίδα να κλονίσει τα θεμέλιά της και να την καταρρίψει, δεδομένου ότι τη θεωρούσε εσφαλμένη, απλώς και μόνο επειδή ποτέ του δεν την είχε μελετήσει. Κι αυτό που συνέβη ήταν ότι αμέσως μόλις κατανόησε το υπόβαθρο, τις διαδικασίες και τις αποδείξεις της θεωρίας πείστηκε και από αντίπαλος έγινε ένθερμος υποστηρικτής της. Θα μπορούσα επίσης να αναφέρω και άλλους μαθηματικούς,<sup>[15]</sup> οι οποίοι, επηρεασμένοι από τις τελευταίες ανακαλύψεις μου, ομολόγησαν ότι είναι απαραίτητο να αλλάξει το έως τότε αποδεκτό σύστημα του κόσμου, διότι, απλούστατα, είναι αδύνατο να συνεχίσει να υφίσταται.

[14] Πρόκειται για τον Antonio Santucci, που έζησε μέχρι το 1613. Σ. τ. Μ.

[15] Όπως π.χ. τον Clavius [Ο Christopher Clavius (1538–1612) ήταν Ιησουΐτης και δίδαξε στο Collegio Romano, όπως και ο Pererius (βλ. σημ. 16). Υπήρξε ένας από τους σημαντικότερους μαθηματικούς και αστρονόμους της εποχής του και διατηρούσε φιλικές σχέσεις με το Γαλιλαίο. Γενικά, οι Ιησουΐτες, λόγω της ενασχόλησής τους με τα Μαθηματικά, είχαν αντιμετωπίσει το κοπερνίκαιο σύστημα ως μια ενδιαφέρουσα μαθηματική υπόθεση. Την εποχή που γραφόταν η παρούσα επιστολή, η στάση τους βεβαίως είχε αλλάξει. Σ. τ. Μ.]

Εάν αρκούσε να κλείσει κανείς το στόμα ενός ανθρώπου για να εξαλείψει την εν λόγω άποψη από προσώπου Γης —όπως ίσως πιστεύουν ότι μπορεί να γίνει οι άνθρωποι εκείνοι που, κρίνοντας τα μυαλά των άλλων με τα μέτρα του δικού τους, θεωρούν αδύνατο να συνεχίσει να βρίσκει υποστηρικτές τούτη η θεωρία— τότε τα πράγματα θα ήταν πολύ εύκολα. Όμως η πραγματικότητα είναι διαφορετική. Για να εφαρμοστεί μια τέτοια απόφαση θα έπρεπε όχι μόνο να απαγορευτεί το βιβλίο του Κοπέρνικου και τα γραπτά των άλλων συγγραφέων που έχουν τις ίδιες απόψεις μ' αυτόν, αλλά και η ίδια η επιστήμη της αστρονομίας να τεθεί εκτός νόμου. Επιπλέον, θα έπρεπε να απαγορευτεί στους ανθρώπους να κοιτούν τον ουρανό, γιατί θα υπήρχε κίνδυνος να δουν ότι ο Άρης και η Αφροδίτη μερικές φορές είναι πολύ κοντά στη Γη και άλλες πολύ μακριά, η δε διαφορά είναι τόσο μεγάλη που, όταν βρίσκονται κοντά στη Γη, η Αφροδίτη είναι σαράντα φορές μεγαλύτερη και ο Άρης εξήντα. Θα έπρεπε επίσης να εμποδίσουμε την Αφροδίτη να μοιάζει άλλοτε στρογγυλή κι άλλοτε σαν δικράνι με πολύ λεπτές άκρες.<sup>[16]</sup> Το ίδιο θα έπρεπε να γίνει και με ένα πλήθος άλλων παρατηρήσεων που σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να συμβιβαστούν με το πτολεμαϊκό σύστημα, αλλά αποτελούν ισχυρά επιχειρήματα υπέρ του κοπερνίκειου. Και το να θέσει κανείς εκτός νόμου τον Κοπέρνικο, τώρα που η θεωρία του ενισχύεται καθημερινά από πολλές καινούργιες παρατηρήσεις και οι άνθρωποι της γνώσης μελετούν με ζήλο το βιβλίο του, αφού μάλιστα η άποψη αυτή κυκλοφόρησε ελεύθερα για τόσο πολλά χρόνια στη διάρκεια των οποίων ήταν λιγότεροι οι οπαδοί της και τα στοιχεία που την επιβεβαίωναν, θα αποτελούσε, κατά την κρίση μου, παραβίαση της αλήθειας και προσπάθεια απόκρυψης και καταστολής της άποψης αυτής, προσπάθεια που λαμβάνει τόσο μεγαλύτερες διαστάσεις όσο σαφέστερα αποκαλύπτεται η ορθότητά του κοπερνίκειου συστήματος. Εάν πάλι δεν κατηγορηθεί ολόκληρο το βιβλίο του, αλλά καταδικαστεί ως εσφαλμένη μόνο αυτή η συγκεκριμένη πρόταση, τούτο θα προξενούσε (αν δεν κάνω λάθος) ακόμη μεγαλύτερη ζημιά, καθώς θα γινόταν αφορμή να διαπιστώσουν οι άνθρωποι ότι μια αποδειγμένη πρόταση, που παραδέχονταν ως αληθή, αποτελεί αίρεση. Από την άλλη, το να τεθεί σε απαγόρευση ολόκληρη η επιστήμη δε θα σήμαινε τίποτε άλλο παρά ότι αποδοκιμάζουμε εκατοντάδες χωρία της Αγίας Γραφής που μας διδάσκουν ότι η δόξα και το μεγαλείο του Παντοδύναμου Θεού αποκαλύπτονται θαυμαστά σε όλα τα έργα Του και φανερώνονται με τη φώτισή Του στο ανοιχτό βιβλίο του Ουρανού. Διότι δεν πρέπει να πιστέψει κανείς ότι η μελέτη των υψηλών εννοιών που περιέχονται σε

[16] Τόσο η φαινόμενη μεταβολή του μεγέθους των δύο πλανητών όσο και οι φάσεις της Αφροδίτης ήταν, μέχρι τα χρόνια του Γαλιλαίου, αδύνατο να παρατηρηθούν. Η παρατήρησή τους έγινε δυνατή με τη χρήση του τηλεσκοπίου. Τα δύο αυτά φαινόμενα αποτελούν καταλυτικές αποδείξεις υπέρ της ορθότητας του ηλιοκεντρικού συστήματος. Σ. τ. Μ.

τούτο το βιβλίο οδηγεί μόνο στην αποκάλυψη της λαμπρότητας του Ήλιου, των αστέρων και της διαδρομής τους στον ουρανό, πράγματα που μπορεί να αντιληφθεί και ο πιο αστοιχειώτος άνθρωπος, ακόμα και τα ζώα. Στις σελίδες του βιβλίου τούτου κρύβονται μυστήρια τόσο βαθιά και έννοιες τόσο μεγαλειώδεις που τα νυχτέρια, ο κόπος και οι μελέτες που αφιέρωσαν εκατοντάδες χιλιάδες ανθρώπων, από τους πλέον ευφυείς, δεν κατόρθωσαν να τα διαπεράσουν, ακόμη και ύστερα από συνεχείς έρευνες χιλιάδων χρόνων. Το βλέμμα ενός ηλίθιου αντιλαμβάνεται ελάχιστα κοιτάζοντας την εξωτερική εμφάνιση του ανθρώπινου σώματος, σε σύγκριση με τους θαυμαστούς μηχανισμούς που ανακαλύπτει ένας προσεκτικός και εξασκημένος ανατόμος ή φιλόσοφος σ' αυτό το ίδιο σώμα, όταν διερευνά τη χρήση όλων αυτών των μυών, των τενόντων, των νεύρων και των οστών. Ή όταν εξετάζει τις λειτουργίες της καρδιάς και των άλλων κύριων οργάνων, όταν αναζητεί την έδρα των ζωτικών λειτουργιών, όταν παρατηρεί την αξιοθαύμαστη διάρθρωση των αισθητηρίων οργάνων και, χωρίς ποτέ να σταματά την έρευνά του, όλο θαυμασμό και ευχαρίστηση περιεργάζεται τα κέντρα της φαντασίας, της μνήμης και της νόησης. Παρομοίως, αυτό που βλέπει κανείς αντικρίζοντας τον ουρανό δεν είναι τίποτα σε σύγκριση με τα εξαιρετα θαύματα που ανακαλύπτει η διάνοια των μορφωμένων ανθρώπων με τις μακροχρόνιες και ακριβείς παρατηρήσεις τους. Και μ' αυτό κλείνω όσα είχα να πω για τούτο το ζήτημα.

Στη συνέχεια θα απαντήσω σ' εκείνους που ισχυρίζονται ότι τις φυσικές προτάσεις, για τις οποίες η Βίβλος μιλάει πάντα με τον ίδιο τρόπο και οι Πατέρες αποδίδουν σ' αυτές ομόφωνα το ίδιο νόημα, θα πρέπει να τις αντιλαμβανόμαστε με την κυριολεκτική σημασία των λέξεων, χωρίς ερμηνείες και επεξηγήσεις, και να τις θεωρούμε βέβαιες και αληθείς. Η κίνηση του Ήλιου και η σταθερότητα της Γης, λένε, αποτελεί πρόταση αυτού του είδους: συνεπώς το να τη δεχτούμε ως έχει είναι ζήτημα πίστης, ενώ η αντίθετη άποψη είναι εσφαλμένη.

Πάνω σ' αυτό θα ήθελα καταρχήν να επισημάνω ότι μεταξύ των φυσικών προτάσεων υπάρχουν ορισμένες για τις οποίες η λογική κι όλες οι ανθρώπινες επιστήμες δεν μπορούν να προσφέρουν τίποτα παραπάνω από εικασίες και ευλογοφανείς απόψεις, αντί για τη βέβαιη και τεκμηριωμένη γνώση. Αυτού του είδους, για παράδειγμα, είναι η ερώτηση εάν τ' αστέρια έχουν ζωή. Έπειτα υπάρχουν άλλες προτάσεις για τις οποίες έχουμε (ή μπορούμε βάσιμα να περιμένουμε) θετικές διαβεβαιώσεις μέσω πειραμάτων, μακράς παρατήρησης και αυστηρών αποδείξεων. Για παράδειγμα, το ερώτημα αν η Γη και ο ουρανός κινούνται, κι αν ο ουρανός είναι σφαιρικός. Σε σχέση με το πρώτο είδος προτάσεων, δεν αμφιβάλω ότι όπου δεν μπορεί να φτάσει η ανθρώπινη λογική —και συνεπώς δεν μπορούμε να έχουμε επιστήμη παρά μόνο άποψη και

πίστη· πρέπει να ακολουθούμε με ευσέβεια και να συμμορφωνόμαστε απόλυτα με το αυστηρό πνεύμα των Γραφών. Όσον αφορά όμως το άλλο είδος, πιστεύω, όπως προανέφερα, ότι πρώτα θα πρέπει να βεβαιωθούμε για τα πραγματικά γεγονότα, που θα μας αποκαλύψουν το αληθινό νόημα της Βίβλου· είναι δε απολύτως βέβαιο ότι τούτο το νόημα θα συμφωνεί με τα αποδειγμένα γεγονότα (ακόμη κι αν αρχικά οι λέξεις φαίνονται να δηλώνουν κάτι διαφορετικό), επειδή δύο αλήθειες δεν μπορεί ποτέ να αντιφάσκουν. Θεωρώ ότι αυτό αποτελεί ένα ορθόδοξο και αδιαμφισβήτητο αξίωμα, το οποίο συναντώ συγκεκριμένα και στον Άγιο Αυγουστίνο, όταν μιλάει για το σχήμα του ουρανού και τι πρέπει να πιστεύουμε γι' αυτό. Οι αστρονόμοι φαίνεται να διακηρύσσουν κάτι που έρχεται σε αντίθεση με τις Γραφές, διότι θεωρούν ότι ο ουρανός είναι σφαιρικός, ενώ οι Γραφές λένε ότι είναι «εκτείνεται ως καταπέτασμα».<sup>[17]</sup> Ο Άγιος Αυγουστίνος αποφαινεται ότι δε θα πρέπει να μας απασχολεί μήπως η Βίβλος έρχεται σε αντίφαση με όσα λένε οι αστρονόμοι, πρέπει βεβαίως να πιστεύουμε στην αυθεντία της όταν αυτά που κηρύσσουν εκείνοι είναι εσφαλμένα και βασίζονται μόνο σε εικασίες της ατελούς ανθρώπινης φύσης. Εάν όμως ό,τι υποστηρίζουν είναι αποδεδειγμένο με αδιάσειστα επιχειρήματα, ο Άγιος Πατέρας δε λέει ότι οι αστρονόμοι πρέπει να υποχρεωθούν να απορρίψουν τις αποδείξεις τους και να δηλώσουν ότι τα ίδια τους τα συμπεράσματα είναι εσφαλμένα. Αντιθέτως, λέει ότι πρέπει να αποδειχθεί πως αυτό που εννοεί η Βίβλος με τη λέξη «καταπέτασμα» δεν είναι αντίθετο με τις αποδείξεις τους. Τα λόγια του είναι τα εξής:

«Μερικοί όμως εγείρουν την ακόλουθη αντίρρηση. «Πώς είναι δυνατό το χωρίο της Βίβλου που αναφέρει ο *εκτείνων τους ουραμούς ως καταπέτασμα* να μην αντιφάσκει μ' εκείνους που επιμένουν ότι οι ουρανοί έχουν σφαιρικό σχήμα;» Πράγματι αντιφάσκει, εάν όσα ισχυρίζονται είναι εσφαλμένα, διότι αλήθεια είναι ό,τι εκφέρεται από το θείο Λόγο και όχι ό,τι απορρέει από την ατελή ανθρώπινη φύση. Αλλά εάν, ενδεχομένως, είναι δυνατό να αποδειχθεί η θέση αυτή μέσω της εμπειρίας, πράγμα που θα την καταστήσει πέραν πάσης αμφιβολίας, τότε πρέπει επίσης να αποδειχθεί ότι ο δικός μας λόγος περί καταπέτασματος δεν αντιφάσκει κατά κανένα τρόπο με την πασίδηλη λογική».<sup>[18]</sup>

Στη συνέχεια μας προειδοποιεί πως, όταν θέλουμε να αντιστοιχίσουμε ένα χωρίο της Βίβλου με κάποια αποδεδειγμένη φυσική πρόταση, πρέπει να είμαστε το ίδιο προσεκτικοί και σχολαστικοί όπως και όταν θέλουμε να το αντιστοιχίσουμε με άλλο βιβλικό χωρίο που φαίνεται να αντιφάσκει προς τούτο. Η φρόνηση του αγίου αυτού είναι, πράγματι, άξια θαυμασμού και μίμησης, αφού ακόμη και όταν πρόκειται για ασαφή

[17] Ψαλμοί, 104:2.

[18] De Genesi ad literam, ii, 9.

συμπεράσματα (για τα οποία είναι βέβαιο ότι καμία γνώση δε μας προσφέρουν οι ανθρώπινες αποδείξεις) επιδεικνύει εξαιρετική προσοχή στον τρόπο με τον οποίο καθορίζει τι είναι ακριβώς αυτό που πρέπει να πιστέψουμε. Αυτό το διαπιστώνουμε απ' όσα γράφει στο τέλος του δεύτερου βιβλίου του με τα σχόλια «περί Γενέσεως», όταν αναφέρεται στο ερώτημα εάν πρέπει να πιστεύουμε ότι τα αστέρια έχουν ζωή:

«Μολονότι επί του παρόντος το ζήτημα αυτό δεν μπορεί να εδραιωθεί επαρκώς, υποθέτω ότι στην περαιτέρω ενασχόλησή μας με τη Βίβλο θα συναντήσουμε και άλλα συναφή χωρία και τότε ίσως είμαστε σε θέση, αν όχι να καταλήξουμε τελεσίδικα σε σχέση με το θέμα αυτό, τουλάχιστον να έχουμε κάποιες ενδείξεις για όσα υπαγορεύει ο θείος Λόγος. Έτσι λοιπόν, έχοντας πάντοτε κατά νου να τηρούμε με μεγάλη ευλάβεια την αρχή της μετριοφροσύνης, οφείλουμε να μην πιστεύουμε άκριτα όσα λέγονται σχετικά με κάποιο αμφισβητούμενο ζήτημα, που δεν έχει ξεκαθαριστεί πλήρως, γιατί μπορεί, από θετική προδιάθεση για το λάθος μας, να δείξουμε προκατάληψη απέναντι σε κάτι που αργότερα θα αποκαλυφτεί ότι, στην πραγματικότητα, δεν έρχεται κατά κανένα τρόπο σε αντίθεση με τα Ιερά Βιβλία της Παλαιάς και της Καινής Διαθήκης».

Από αυτό κι από άλλα χωρία φαίνεται (εάν δεν απατώμαι) ότι οι Άγιοι Πατέρες προτιμούν, όταν αναφερόμαστε σε φυσικά ερωτήματα που δεν αποτελούν ζητήματα πίστης, να εξετάζουμε πρώτα εάν κάτι έχει αποδειχτεί πέραν πάσης αμφιβολίας ή είναι γνωστό από την εμπειρία ή εάν τέτοια γνώση και αποδείξεις είναι δυνατές. Εάν έτσι έχουν τα πράγματα, μια που τα πάντα είναι δώρο του Θεού, οφείλουμε να χρησιμοποιήσουμε τη γνώση αυτή για να ανακαλύψουμε το πραγματικό νόημα της Αγίας Γραφής στα χωρία εκείνα που μοιάζουν να δηλώνουν διαφορετικά πράγματα. Οι σοφοί θεολόγοι θα ανακαλύψουν αναμφίβολα τούτο το νόημα, καθώς και τους λόγους για τους οποίους το Άγιο Πνεύμα θέλησε μερικές φορές να συσκοτίσει τη σοφία Του με λέξεις που έχουν διαφορετικό νόημα, είτε για να μας δοκιμάσει είτε για κάποιο άγνωστο σ' εμένα λόγο.

Από την άλλη, εάν αναλογιστούμε τον πρωταρχικό σκοπό της Βίβλου, δε νομίζω ότι το γεγονός πως πάντα μιλάει με το ίδιο πνεύμα ανατρέπει τον κανόνα αυτό. Εάν η Βίβλος είναι γραμμένη έτσι ώστε να γίνεται κατανοητή από τους απλούς ανθρώπους και στη μία περίπτωση εκφράζει κάποια πρόταση με λέξεις που δεν αντιστοιχούν στο πραγματικό νόημα αυτής της πρότασης, τότε γιατί να μην κάνει το ίδιο, και για τους ίδιους λόγους, κάθε φορά που αναφέρεται στα ίδια πράγματα; Αυτό βεβαίως πρέπει να κάνει, γιατί μου φαίνεται ότι, αν έπραττε διαφορετικά, το αποτέλεσμα θα ήταν να μεγαλώσει τη σύγχυση των ανθρώπων και να αδυνατίσει την πίστη τους.

Όσον αφορά την ακινησία ή την κίνηση του Ήλιου και της Γης, η εμπειρία δείχνει καθαρά ότι, προκειμένου να γίνουν κατανοητές από τους απλούς ανθρώπους, ήταν αναγκαίο να περιγραφούν ακριβώς με τα λόγια που αναφέρει η Βίβλος. Ακόμη και στην εποχή μας, που οι άνθρωποι είναι πολύ πιο εκλεπτυσμένοι, πολλοί συνεχίζουν να έχουν τις ίδιες απόψεις για λόγους που, αν ζυγιαστούν και εξεταστούν, θα αποδειχτούν εξαιρετικά τετριμμένοι και επικαλούνται εμπειρίες που είναι εντελώς εσφαλμένες και άσχετες με το ζήτημα. Ούτε αξίζει τον κόπο να προσπαθήσουμε να τους κάνουμε να αλλάξουν γνώμη, γιατί δεν είναι σε θέση να καταλάβουν τα επιχειρήματα της αντίθετης πλευράς, καθόσον αυτά εξαρτώνται από πολύ ακριβείς παρατηρήσεις και από διεξοδικές αποδείξεις, που θεμελιώνονται σε αφαιρέσεις οι οποίες απαιτούν πολύ μεγάλη φαντασία για να γίνουν κατανοητές. Ως εκ τούτου, ακόμη και αν οι σοφοί ήταν κάτι παραπάνω από βέβαιοι για την ακινησία των ουρανών και την κίνηση της Γης, ακόμα και τότε θα ήταν αναγκαίο να ισχυρίζονται τα αντίθετα, για να διαφυλάξουν την πίστη του πλήθους των αστοιχείωτων ανθρώπων. Εάν ρωτηθούν χίλιοι συνηθισμένοι άνθρωποι γι' αυτά τα πράγματα, πιθανότατα δε θα βρεθεί ούτε ένας που να μην απαντήσει ότι ο Ήλιος τού φαίνεται πως κινείται ενώ η Γη πως μένει ακίνητη, και συνεπώς αυτό πιστεύει πως είναι το σωστό. Σ' αυτό το ζήτημα όμως δεν πρέπει κανείς να θεωρήσει ότι η συναίνεση των κοινών ανθρώπων συνιστά επιχείρημα υπέρ της αλήθειας όσων λέγονται. Διότι, εάν εξετάσουμε τους λόγους για τους οποίους αυτοί οι συγκεκριμένοι άνθρωποι πιστεύουν τούτα τα πράγματα και από την άλλη λάβουμε υπόψη τις παρατηρήσεις και τις αποδείξεις που κάνουν ορισμένους άλλους να πιστέψουν τα αντίθετα, θα δούμε ότι οι δεύτεροι είναι πεισμένοι στη βάση πολύ ισχυρών επιχειρημάτων, ενώ οι πρώτοι επικαλούνται απλά φαινόμενα και ανούσιες ή γελοίες εντυπώσεις.

### Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης

1. Ποιο χωρίο στη Βίβλο αποτελεί εμπόδιο για την αποδοχή της ηλιοκεντρικής θεωρίας; Γιατί;

*Έχει ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε πως τελικά δεν υπάρχουν και πολλά τέτοια εδάφια που να δηλώνουν με έναν κατηγορηματικό τρόπο κοσμολογικές αντιλήψεις. Παρά όμως αυτό το γεγονός, οι φιλόσοφοι ήταν υποχρεωμένοι να παίρνουν στα σοβαρά κάθε λέξη των Γραφών.*

2. Τι λέει ο Γαλιλαίος για τον Κοπέρνικο σε αυτή την επιστολή;
3. Πώς θα πρέπει κατά το Γαλιλαίο να ερμηνεύεται η Βίβλος; Σε ποιον βασίζει τα κύρια επιχειρήματά του;



4. Γιατί ο Γαλιλαίος προχωράει στη διάκριση ανάμεσα στις θεωρίες που υπόκεινται σε αποδείξεις και σε αυτές που υπόκεινται στην ανθρώπινη κρίση;
5. Τι υποστηρίζει τελικά ο Γαλιλαίος για την κίνηση της Γης και την ακινησία του Ήλιου;

### Δραστηριότητες

1. Ποιο είναι το ιστορικό της επιστολής που έστειλε ο Γαλιλαίος στη Δούκισσα Χριστίνα;
2. Συζητήστε τη δομή της επιχειρηματολογίας στην επιστολή.

*Θα παρατηρήσετε ότι ο Γαλιλαίος δεν ενδιαφέρεται άμεσα να απαντήσει στο πρόβλημα σχετικά με τα θεολογικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η άποψη για την περιστροφή της γης, αλλά παίρνει αφορμή από αυτά τα προβλήματα για να θέσει το συνολικότερο θέμα της ερμηνείας των βιβλικών χωρίων. Σε αυτό του το εγχείρημα έχει συμμάχους του Πατέρες της Εκκλησίας και κυρίως τις απόψεις του Αυγουστίνου για την ερμηνεία της Βίβλου.*

## Παράρτημα II

### Η δίκη του Γαλιλαίου

Η δίκη του Γαλιλαίου υπήρξε μια πραγματικά πολύπλοκη υπόθεση —μία υπόθεση που δεν μπορεί να μελετηθεί, αν δεν έχουμε και μία αίσθηση των σχέσεων ανάμεσα στη θεολογία και φιλοσοφία, της εκκλησιαστικής νομιμότητας, της πολιτικής της Εκκλησίας, των επιδιώξεων του ίδιου του Γαλιλαίου, καθώς και του ειδικού βάρους των διάφορων πρωταγωνιστών.

Ως δίκη του Γαλιλαίου δε θα πρέπει να θεωρηθεί μόνο η ανακριτική διαδικασία και τυπική δίκη του 1633, αλλά και οι διεργασίες του 1616 που είχαν ως αποτέλεσμα την κριτική και την απαγόρευση του ηλιοκεντρικού συστήματος του Κοπέρνικου ως θεωρίας λανθασμένης και αντίθετης με τις Γραφές. Στην πρώτη αυτή φάση ο Γαλιλαίος δεν αναμειγνύεται άμεσα, εκτός ίσως από μία συνάντηση με τον καρδινάλιο Bellarmine, κατά την οποία ο ίδιος δέχτηκε ότι *δεν πίστευε* στο κοπερνίκειο σύστημα. Η δήλωση αυτή ήταν αρκετή για τον Bellarmine να μην προχωρήσει σε περαιτέρω απαγορεύσεις. Το 1633 η δίκη επικεντρώνεται πάνω του με την κατηγορία ότι αρνήθηκε να υπακούσει στην απαγόρευση και της διδασκαλίας της κοπερνίκειας άποψης που —κατά τους ιθύνοντες στο Βατικανό— αποτελούσε τμήμα των γενικότερων απαγορεύσεων με τις οποίες θεωρούνταν ότι είχε συμφωνήσει ο Γαλιλαίος.

Ας πάρουμε όμως τα γεγονότα με τη σειρά. Το Φεβρουάριο του 1615, ο δομινικανός πατέρας Caccini πήγε στη Ρώμη και κατήγγειλε επίσημα το Γαλιλαίο για αίρεση, στηριζόμενος στην επιστολή του τελευταίου προς τον Castelli. Ο Caccini είχε επιτεθεί στο Γαλιλαίο στις 21 Δεκεμβρίου του 1614 από τον άμβωνα με ένα λογοπαίγνιο: *Viri Galilei, quid statis aspicientes in coellum? (Άνδρες Γαλιλαίοι, δια τι ίστασθε ατενίζοντες προς τους ουρανό;)*<sup>[19]</sup>, καταδεικνύοντας ότι η κοπερνίκεια θεωρία είναι αντίθετη με τη Βίβλο. Ένας άλλος δομινικανός μοναχός, ο Lorini, είχε επίσης επιτεθεί στο Γαλιλαίο το Νοέμβριο του 1612. Αυτοί οι δύο μαζί με άλλους έστειλαν επιστολές διαμαρτυρίας προς την Ιερά Εξέταση. Στις 19 Μαρτίου 1615 ο πάπας Παύλος ο Ε' διέταξε να ανακριθεί ο Caccini. Ο τελευταίος κατέθεσε την επόμενη μέρα ενώπιον της Ιεράς Εξέτασης, διατυπώνοντας επίσημα την κατηγορία εναντίον του Γαλιλαίου.

Το πρακτικό της ανάκρισης δεν υπογράφηκε από στενογράφο, υπογράφηκε όμως από τον ίδιο το μάρτυρα. Η καταγραφή της μαρτυρίας του δεν είναι πολύ λεπτομερής, η υπογραφή του ίδιου όμως καθιστά το ντοκουμέντο αρκετά αξιόπιστο. Καταγ-

[19] Πράξεις, ι,2.

γέλλει ονομαστικά τον Κοπέρνικο και το Γαλιλαίο, γιατί η πίστη τους ότι η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο που βρίσκεται ακίνητος στο κέντρο του σύμπαντος έρχεται σε αντίθεση με τις Γραφές. Αναφέρει ένα προς ένα τα σημεία της Βίβλου που το αποδεικνύουν (18ος Ψαλμός, Εκκλησιαστικά 1, Ησαΐας 38, Ιησούς του Ναυή). Λέει επίσης ότι ο ηλιοκεντρισμός έρχεται σε αντίθεση με την κοινή λογική των φιλοσόφων, των σχολαστικών θεολόγων και των Πατέρων της Εκκλησίας. Κλείνοντας προειδοποιεί ότι, σύμφωνα με τις αποφάσεις των Συνόδων του Λατερανού και του Τρέντο κανείς δεν μπορεί να ερμηνεύει τις Γραφές κατά τρόπο διαφορετικό από αυτόν των Πατέρων. Κατά συνέπεια οι απόψεις του Κοπέρνικου μπορούν να θεωρηθούν αιρετικές και ο Γαλιλαίος οπαδός τους.

Προς το τέλος του 1615, ο Γαλιλαίος θεώρησε ότι η στιγμή ήταν κατάλληλη να εκφράσει και γραπτά τις απόψεις του για θέματα ερμηνείας της Βίβλου. Ο τρόπος που επέλεξε ήταν να στείλει μία επιστολή του στον Castelli. Την εποχή εκείνη η αλληλογραφία ανάμεσα σε λογίους ήταν ένας τρόπος να αποκτήσουν ένα είδος δημοσιότητας απόψεις οι οποίες για διάφορους λόγους δεν ήταν δυνατό να δημοσιοποιηθούν μέσα από βιβλία, φυλλάδια και δημόσιες ομιλίες. Έτσι, κάποιος θα μπορούσε να γράψει σε άτομο της εμπιστοσύνης του και το άτομο που ελάμβανε την επιστολή σε συνεννόηση με τον αποστολέα, την αντέγραφε και έστελνε αντίγραφα σε διάφορα σημαίνοντα πρόσωπα. Με αυτό τον τρόπο η ευθύνη να σταλεί η επιστολή σε πολλά άτομα δε βάρυνε τον αποστολέα, ο οποίος μπορούσε πάντοτε να ισχυριστεί ότι είχε εκφράσει ιδιωτικά τις απόψεις του στον παραλήπτη. Με αυτό τον τρόπο γινόταν ένα πείραμα, ένα είδος σφυγμομέτρησης για τις απόψεις που εκφράζονταν στην επιστολή. Το γράμμα του Γαλιλαίου στον Castelli είχε ακριβώς αυτό το σκοπό.

Στην επιστολή που έστειλε ο Γαλιλαίος στις 21 Δεκεμβρίου 1613<sup>[20]</sup> επικέντρωνε την κριτική του σε τρεις αδυναμίες των επιχειρημάτων που είχαν προβάλει οι υποστηρικτές του γεωκεντρισμού: Πρώτον, προσπαθούσαν να αποδείξουν την ακινησία της Γης βασιζόμενοι στην υπόθεση ότι η Βίβλος προϋποθέτει το γεωκεντρικό σύστημα. Δηλαδή προσπαθούσαν να αποδείξουν κάτι βασιζόμενοι σε μια υπόθεση που η αλήθεια της ήταν ταυτόσημη με αυτό που ήθελαν να αποδείξουν. Δηλαδή η επιχειρηματολογία των υποστηρικτών του γεωκεντρικού συστήματος ήταν κυκλική. Εδώ όμως ο Γαλιλαίος ανέπτυξε τις σκέψεις του σχετικά με τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται στην ερμηνεία της Βίβλου. Ο Γαλιλαίος έγραφε πως η ερμηνεία της Βίβλου είναι μια εξαιρετικά σοβαρή υπόθεση και για να κατανοήσουμε το πραγμα-

[20] Όλα τα στοιχεία και τα αποσπάσματα από τα έγγραφα που σχετίζονται με τη Δίκη, τα έχουμε πάρει από το βιβλίο Finocchiaro, M., *The Galileo affair: a documentary history*, Berkeley, University of California Press, 1982.

τικό νόημα των εκφράσεων σχετικά με τα φυσικά φαινόμενα πρέπει να γνωρίζουμε τι ακριβώς ισχύει στη φύση. Η ερμηνεία των χωρίων στη Βίβλο σχετικά με τα φυσικά φαινόμενα, συνέχιζε ο Γαλιλαίος, πρέπει να γίνεται μετά τη διερεύνηση της φύσης και όχι να προηγείται. Επικαλείται τους Πατέρες της Εκκλησίας και κυρίως τον Άγιο Αυγουστίνο, ο οποίος μιλούσε για τον αλληγορικό και συμβολικό χαρακτήρα πολλών τμημάτων της Βίβλου και ο οποίος απέφενγε να δεσμευτεί σε θέματα που αφορούσαν τη λειτουργία της φύσης. Οι Πατέρες είχαν επανειλημμένως τονίσει ότι τα θέματα της χριστιανικής πίστης θα έπρεπε να διαχωριστούν από οτιδήποτε χρειαζόταν λεπτομερή και άρα χρονοβόρα μελέτη, αφού ο χρόνος αυτός θα μπορούσε να αναλωθεί με πολύ καλύτερο τρόπο σε διαλογισμούς και προσευχή. Δεύτερον, υπογράμμισε ότι η Βίβλος είναι η αυθεντία σε θέματα πίστης και ηθικής και όχι αναγκαστικά για θέματα που αφορούν στη λειτουργία της φύσης. Και τρίτον, ο Γαλιλαίος προσπάθησε να δώσει μία απάντηση στο θέμα που προκύπτει από το χωρίο της Βίβλου σχετικά με τον Ιησού του Ναυή.

Το σημαντικότερο όμως μήνυμα του Γαλιλαίου στην επιστολή αυτή ήταν ότι η ελευθερία της έρευνας για τη φύση θα οδηγούσε στην ακόμη πιο έγκυρη ερμηνεία και κατανόηση της Βίβλου, αφού δεν ήταν δυνατό να υπάρχει η όποια αντίφαση ανάμεσα στη φύση, ως έκφραση της θέλησης του Θεού, και τη Βίβλο, ως αποθησαύριση του λόγου του Θεού. Για το Γαλιλαίο ήταν σαφές ότι η φύση μιλάει από μόνη της και πως θέματα που αφορούσαν την ερμηνεία της Βίβλου ανήκαν στη δικαιοδοσία των θεολόγων. Οι διεργασίες, μέσα από τις οποίες καταλήγει κανείς στην ερμηνεία της Βίβλου, ήταν διαφορετικές από τις διεργασίες, μέσα από τις οποίες κατέληγε κανείς στην κατανόηση των επιστημονικών θεμάτων. Και αυτό τονίζε και στην επιστολή του.

Στην καταγγελία του ο Caccini αναφέρεται στο γράμμα του Γαλιλαίου προς τον Castellì δίνοντας έμφαση σε δύο προτάσεις: *Η Γη κινείται ως σύνολο και με ημερήσια κίνηση, ο Ήλιος είναι ακίνητος*. Τονίζει και πάλι με έμφαση την αντίθεση με τις Γραφές και την ερμηνεία των Πατέρων. Η δυσκολία του Caccini ήταν να αποδείξει ότι πράγματι ο Γαλιλαίος είχε αποδεχτεί τη θεωρία αυτή. Αναφέρει κάποιες μαρτυρίες άλλων κληρικών, καθώς και κάποιο βιβλίο του Γαλιλαίου (χωρίς τον τίτλο) για τις ηλιακές κηλίδες. Πρόκειται βέβαια για το *Τρεις επιστολές για τις ηλιακές κηλίδες* και πιθανόν η αοριστία της αναφοράς να οφείλεται στο στενογράφο. Πάντως στο βιβλίο αναφέρεται καθαρά ο ηλιοκεντρισμός, ενώ η κίνηση της Γης συμπεραίνεται από την εξήγηση των φάσεων της Αφροδίτης. Ανεξάρτητα πάντως από τις αναφορές σε κείμενα, ο Caccini κατηγορούσε το Γαλιλαίο για αιρετικό. Με την εξέταση και άλλων μαρτύρων, λιγότερο σημαντικών, η κατηγορία επικεντρώθηκε στις *Τρεις Επιστολές*.

Στις 15 Νοεμβρίου 1615 αποφασίζεται να μελετήσει η Ιερά Εξέταση τα *Γράμματα για τις Ηλιακές Κηλίδες*. Ο καρδινάλιος Bellarmine μετά από συνηνοήσεις με τον Πάπα πρότεινε να συγκροτηθεί μια επιτροπή από θεολόγους που θα εξετάσουν τα επίμαχα σημεία στα διάφορα έργα που κυκλοφορούσαν και να κοινοποιηθούν στο Γαλιλαίο τα συμπεράσματα της επιτροπής. Η επιτροπή, στην οποία δε συμμετείχε ο Bellarmine, αναλάμβανε να εκφράσει τη γνώμη της για την εγκυρότητα της πρότασης «ότι ο Ήλιος είναι στο κέντρο του κόσμου και είναι απολύτως ακίνητος» και της πρότασης «ότι η Γη δεν είναι στο κέντρο του κόσμου και είναι σε ημερήσια κίνηση». Η απόφαση της Ιεράς Εξέτασης λαμβάνεται στις 23 Φεβρουαρίου του 1616 και ήταν η εξής:

*Η άποψη ότι ο Ήλιος μένει ακίνητος στο κέντρο του σύμπαντος είναι ανόητη, φιλοσοφικά εσφαλμένη και άκρως αιρετική ως αντίθετη με την Αγία Γραφή. Η άποψη ότι η Γη δεν είναι το κέντρο του σύμπαντος και ότι εκτελεί μάλιστα ημερήσια κίνηση είναι φιλοσοφικά εσφαλμένη και το λιγότερο λάθος ως πεποίθηση.*

Η ερμηνεία της απόφασης είναι φιλοσοφική και θεολογική. Φιλοσοφικά βέβαια δε γνωρίζουμε τα ακριβή κριτήρια αποτίμησης των προτάσεων, προφανώς όμως βασίζονται στον αριστοτελισμό και το σχολαστικισμό. Θεολογικά η καταδίκη έρχεται απευθείας από τις Γραφές και την ερμηνεία των Πατέρων. Η απόφαση αυτή καταδίκασε οριστικά τη θεωρία του Κοπέρνικου.

Στις 5 Μαρτίου απαγορεύτηκε η έκδοση και η ανάγνωση του *De Revolutionibus* του Κοπέρνικου και όλων των βιβλίων που διέδιδαν την καταδικασμένη θεωρία, χωρίς όμως η απαγόρευση αυτή να έχει προσωπική αναφορά στο Γαλιλαίο και στα κείμενά του. Ωστόσο η απαγόρευση αυτή ήταν προσωρινή, αφού περιείχε τη ρήτρα «μέχρις ότου διορθωθεί». Αυτό οφείλεται κυρίως στο Maffeo Barberini, το μετέπειτα πάπα Ουρβανό Η'. Το 1620 επιτράπηκε ξανά η ανάγνωση του *De Revolutionibus* με την αφαίρεση εννέα προτάσεων που παρουσίαζαν την υπόθεση του ηλιοκεντρισμού ως αποδειγμένη αλήθεια.

Στο μεταξύ ο Γαλιλαίος βρισκόταν στη Ρώμη από το Δεκέμβριο του 1615, γνωρίζοντας τις ενέργειες του Caccini. Στις 25 Φεβρουαρίου, μετά από την καταδίκη των προτάσεων από την Ιερά Εξέταση, δίνεται η εντολή στον καρδινάλιο Bellarmine «να καλέσει ενώπιόν του τον ειρημένον Γαλιλαίον και να τον νουθετήσει όπως εγκαταλείψει τας περί ων ο λόγος απόψεις, εις περίπτωσιν δε αρνήσεώς του... να του γνωστοποιήσει ενώπιον νοταρίου και μαρτύρων διαταγήν όπως απέχει εντελώς από κάθε διδασκαλίαν ή υπεράσπισιν των εν λόγω απόψεων, ακόμα δε και από κάθε συζήτησιν επ' αυτών. Αν δεν πειθαρχήσει εις αυτήν, να φυλακιστεί.”

Ας αναλύσουμε λίγο αυτό το εξαιρετικά σημαντικό ντοκουμέντο. Ο Πάπας αναθέτει την υλοποίηση της απόφασης σε ένα φίλο του Γαλιλαίου, τον καρδινάλιο Bellarmine. Το πρώτο που είχε να κάνει ο Bellarmine είναι να ζητήσει από το Γαλιλαίο να εγκαταλείψει αυτές τις σκέψεις. Αν ο Γαλιλαίος συμφωνούσε, τότε το θέμα έληγε. Μόνο αν ο Γαλιλαίος έλεγε στον Bellarmine ότι δε θέλει να εγκαταλείψει αυτές τις σκέψεις, τότε και μόνον τότε θα έπρεπε να προχωρήσουν στο δεύτερο στάδιο της απόφασης, που ήταν η επίδοση —παρουσία του γραμματέα της Ιεράς Εξέτασης, ενός γραμματικού και μαρτύρων— της (δικαστικής) εντολής σχετικά με τις διάφορες απαγορεύσεις. Και αν αρνιόταν και αυτό, τότε και μόνο τότε θα έπρεπε να φυλακιστεί. Θα πρέπει να τονιστεί ότι η απόφαση ήταν διατυπωμένη με έναν τέτοιο τρόπο ώστε, εάν ο Γαλιλαίος συμφωνούσε να εγκαταλείψει τις απόψεις του, τότε δε φαίνεται πουθενά να του απαγορεύεται να τις συζητάει ή να τις διδάσκει. Το σημαντικό ήταν να δηλώσει πως δεν τις πιστεύει. Αν δεν τις πίστευε τότε —όπως είχε ήδη γίνει σε άλλες περιπτώσεις με προεξέχουσα εκείνη του Κοπέρνικου— ήταν δυνατό αυτές να συζητιούνται και να διδάσκονται ως υποθέσεις που διευκολύνουν την κατανόηση της φύσης και όχι αναγκαστικά σαν υποθέσεις που εκφράζουν τη φυσική πραγματικότητα.

Το τι έγινε στη συνέχεια αποτελεί ένα από τα πιο πολυσυζητημένα επεισόδια στην ιστορία της επιστήμης. Ας περιγράψουμε πρώτα τα γεγονότα και στη συνέχεια να τα σχολιάσουμε. Το πρωί της επόμενης μέρας, 26 Φεβρουαρίου 1616, ο καρδινάλιος Bellarmine έστειλε δύο άτομα για να οδηγήσουν το Γαλιλαίο στο σπίτι του Bellarmine. Ο Bellarmine, όπως το συνήθιζε, άνοιξε ο ίδιος την πόρτα στον επισκέπτη. Στο μεταξύ όμως και πριν φτάσει ο Γαλιλαίος, είχαν ήδη έρθει στο σπίτι του Bellarmine, χωρίς να έχουν προσκληθεί, ο γραμματέας της Ιεράς Εξέτασης μαζί με ένα γραμματικό και ορισμένους δομινικανούς μοναχούς. Ο Bellarmine ζήτησε από το Γαλιλαίο να εγκαταλείψει αυτές τις λανθασμένες απόψεις. Χωρίς να αφήνει κανένα περιθώριο στο Γαλιλαίο να απαντήσει, ο γραμματέας της Ιεράς Εξέτασης συνέχισε μετά την ανακοίνωση του Bellarmine και είπε στο Γαλιλαίο ότι θα πρέπει να απέχει εντελώς από τη διδασκαλία και υπεράσπιση αυτού του δόγματος και άποψης και από τη συζήτηση της. Και ότι σε αντίθετη περίπτωση θα αρχίσουν οι διαδικασίες φυλάκισής του. Ο Γαλιλαίος δέχτηκε να υπακούσει.

Στη διάρκεια της επόμενης τακτικής συνεδρίασης της Ιεράς Εξέτασης στις 3 Μαρτίου 1616 διαβάζουμε στα πρακτικά ότι ο καρδινάλιος Bellarmine ενημέρωσε τα υπόλοιπα μέλη ότι ο «μαθηματικός Γαλιλαίος συμφώνησε με την εντολή της Ιεράς Εξέτασης να εγκαταλείψει τις απόψεις που είχε έως τότε, ότι ο Ήλιος είναι ακίνητος στο κέντρο των σφαιρών, ενώ η Γη είναι σε κίνηση».

Ας σχολιάσουμε τώρα τα γεγονότα και ας αρχίσουμε από τα πρακτικά της συνε-

δρίασης στις 3 Μαρτίου, όπου ο Bellarmine ενημερώνει την Ιερά Εξέταση. Αν τα γεγονότα ήταν όπως τα περιγράψαμε, τότε ο γραμματέας της Ιεράς Συνόδου έπρεπε να συμπληρώσει την ενημέρωση που έκανε ο Bellarmine, αφού πουθενά στην ενημέρωση δεν αναφέρεται ότι ζητήθηκε από το Γαλιλαίο να μη συζητάει και να μη διδάσκει αυτές τις απόψεις. Στην ενημέρωση ανακοινώνεται ότι ζητήθηκε από το Γαλιλαίο να εγκαταλείψει τις απόψεις του. Πουθενά στα πρακτικά δε βρίσκουμε τις συμπληρωματικές δηλώσεις του γραμματέα, κάτι που δεν ήταν ασυνήθιστο αν η ενημέρωση από κάποιο άτομο θεωρούνταν ότι είναι ελλιπής. Άρα, επισήμως τουλάχιστον, η Ιερά Εξέταση έμεινε με την εντύπωση ότι υλοποιήθηκε η απόφασή της και μάλιστα χωρίς να χρειάζεται να προχωρήσουν στο δεύτερο στάδιο της απαγόρευσης σχετικά με τη συζήτηση ή τη διδασκαλία των ιδεών αυτών.

Εκείνο που περιπλέκει την κατάσταση είναι ένα *ανυπόγραφο* ντοκουμέντο με ημερομηνία 26 Φεβρουαρίου 1616, που παρουσιάζεται στη διάρκεια της δίκης του Γαλιλαίου το 1633 και το οποίο εξιστορεί τα γεγονότα στο σπίτι του Bellarmine, που περιγράψαμε παραπάνω. Όπως θα δούμε, το ντοκουμέντο αυτό έπαιξε εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στις εξελίξεις. Γιατί όμως έχει τόσο μεγάλη σημασία αυτό; Ας δούμε το πρόβλημα αναλυτικά: Κάθε ντοκουμέντο που είναι στα αρχεία της Ιεράς Εξέτασης πρέπει να είναι υπογραμμένο από το αρμόδιο άτομο, ώστε να θεωρείται έγκυρο από όποιον κάνει χρήση του εγγράφου στο μέλλον. Συνήθως, διαβάζεται το περιεχόμενο των εγγράφων στη διάρκεια κάποιας συνεδρίασης και, αφού οι άμεσα εμπλεκόμενοι με τα γεγονότα που περιγράφονται στο έγγραφο συμφωνήσουν ότι έτσι είναι τα γεγονότα, τότε υπογράφεται και συνήθως σφραγίζεται το έγγραφο και στη συνέχεια αρχειοθετείται. Τι σημαίνει λοιπόν να βρεθεί ένα ανυπόγραφο έγγραφο στα αρχεία; Η πρώτη υπόθεση είναι ότι είναι πλαστό και ότι είχε καταχωρηθεί στο φάκελο του Γαλιλαίου πολύ αργότερα (ενδεχομένως και πριν αρχίσουν οι διαδικασίες που οδήγησαν στη δίκη του 1633). Την άποψη αυτή τη συμερίζονται ορισμένοι ιστορικοί της επιστήμης. Άλλοι υποστηρίζουν μία διαφορετική άποψη: ότι ο γραμματέας της Ιεράς Εξέτασης συνέταξε το κείμενο αυτό αμέσως μετά τα γεγονότα στο σπίτι του Bellarmine, αλλά ο Bellarmine αρνήθηκε να δεχτεί να καταχωρηθεί σαν επίσημο έγγραφο, αφού η απόφαση της Ιεράς Εξέτασης στις 25 Φεβρουαρίου 1616 ήταν να ζητήσει ο Bellarmine από το Γαλιλαίο να εγκαταλείψει τις απόψεις του και μόνο σε περίπτωση άρνησής του έπρεπε να προχωρήσουν στα επόμενα βήματα που προέβλεπαν την παρουσία του γραμματέα κτλ. Αφού όμως ο Γαλιλαίος δέχτηκε την παραίτηση του Bellarmine, η απόφαση της Ιεράς Εξέτασης θεωρήθηκε ότι είχε πραγματοποιηθεί. Έτσι, κατά μία έννοια ένα τέτοιο έγγραφο ήταν και υποτιμητικό για τον ίδιο τον Bellarmine, αφού η απόφαση της Ιεράς Εξέτασης εξέφραζε την πλήρη εμπιστοσύνη της στο πρόσωπό του και δε

ζητούσε την παρουσία του γραμματέα, όταν ο Bellarmine θα ανακοίνωνε την απόφαση στο Γαλιλαίο. Το έγγραφο αυτό, υποστηρίζουν ορισμένοι ιστορικοί της επιστήμης, ετοιμάστηκε από το γραμματέα, αρνήθηκε να το υπογράψει ο Bellarmine, αλλά ο γραμματέας —που ήταν και υπεύθυνος του αρχείου— το έβαλε στο φάκελο του Γαλιλαίου. Μία τέτοια ενέργεια θα μπορούσε να προκληθεί από κάποιο άτομο που δε θα ήταν φιλικά προσκείμενο στο Γαλιλαίο (αλλά και στον Bellarmine). Και αυτό φαίνεται λογικό, αφού ο ίδιος ο γραμματέας και η συνοδεία του είχαν φτάσει απρόσκλητοι στο σπίτι του Bellarmine, όταν ήταν να ανακοινωθεί η απόφαση στο Γαλιλαίο δηλώνοντας έμπρακτα ότι δεν είχαν και μεγάλη εμπιστοσύνη στον Bellarmine.

Η σιωπή του γραμματέα στη διάρκεια της συνεδρίασης στις 3 Μαρτίου 1616, όταν ο Bellarmine ενημέρωσε γι' αυτά που είχαν γίνει, δε μας βοηθάει να αποφασίσουμε ποια από τις δύο εκδοχές είναι η αληθινή. Αν το έγγραφο το είχε ήδη ετοιμάσει ο γραμματέας αλλά είχε αρνηθεί να το υπογράψει ο Bellarmine, τότε δεν μπορούσε στη συνεδρίαση να «κοντραριστεί» με τον Bellarmine, αφού η προηγούμενη απόφαση δε ζητούσε ρητά την παρουσία του στην πρώτη φάση της απόφασης. Βέβαια, θα μπορούσαμε να έχουμε τη μαρτυρία του Bellarmine το 1633 και να είχε τελειώσει το ζήτημα. Ο Bellarmine όμως είχε πεθάνει το 1621.

Γιατί όμως έχει τόσο μεγάλη σημασία ένα τέτοιο ντοκουμέντο; Στο ντοκουμέντο αναφέρεται ρητά η απαγόρευση της συζήτησης ή διδασκαλίας των απόψεων σχετικά με την ακινησία του Ήλιου και την κίνηση της Γης. Αν αρκεστούμε μόνο στα όσα είπε ο Bellarmine στο Γαλιλαίο, τότε ο Γαλιλαίος θα μπορούσε και να συζητάει και να διδάσκει τις απόψεις αυτές, αρκεί να μην τις πίστευε. Αν όμως δεχτούμε την εκδοχή των γεγονότων, όπως αναφέρονται στο έγγραφο, τότε από το Γαλιλαίο είχε ζητηθεί (μέσω του Bellarmine) να εγκαταλείψει τις απόψεις του και (μέσω του γραμματέα) να μην τις συζητάει και να μην τις διδάσκει. Ο Γαλιλαίος όμως τη στιγμή που ακούει και δέχεται αυτά που του λένε δύο μέλη της Ιεράς Εξέτασης ήταν υποχρεωμένος να υπακούσει και άρα όχι μόνο έπρεπε να εγκαταλείψει τις ιδέες του, αλλά και δεν έπρεπε να συζητήσει και να διδάξει τις ιδέες αυτές. Και αυτό θα έπρεπε να ισχύει ανεξάρτητα αν με αυτό τον τρόπο δεν είχε πραγματοποιηθεί με τυπικά ακριβή τρόπο η απόφαση της Ιεράς Εξέτασης στις 25 Φεβρουαρίου 1616 —πράγμα εξάλλου που δεν είχε λόγο και δικαίωμα να γνωρίζει ο Γαλιλαίος. Αν λοιπόν το έγγραφο δεν είχε καταχωρηθεί λίγο πριν από τη δίκη του 1633, τότε ανεξαρτήτως αν ήταν ένα νόμιμο έγγραφο ή όχι, τη στιγμή που αυτά που περιέγραφε είχαν γίνει, τότε ο Γαλιλαίος είχε διαπράξει τουλάχιστον το αδίκημα της ανυπακοής προς την Ιερά Εξέταση.

Ο Γαλιλαίος δεν εγκαταλείπει τη Ρώμη αμέσως μετά τη συνεδρίαση στις 3 Μαρτίου και ενημερώνει τον πρέσβη της Τοσκάνης στη Ρώμη. Με επιστολή που του στέλνει



στις 6 Μαρτίου 1616, προβάλλει την «επίσκεψή» του στη Ρώμη ως μεγάλη επιτυχία και πως είχε επιτευχθεί πλήρης συμφωνία με την Εκκλησία. Καθησυχάζει τον πρέσβη σχετικά με την απόσυρση του βιβλίου του Κοπέρνικου, αφού θα ξανακυκλοφορούσε μετά τις «δευτερεύουσας σημασίας» διορθώσεις που θα έκανε η Ιερά Εξέταση. Τονίζει ότι στη δημόσια ανακοίνωση των απαγορευμένων βιβλίων δεν αναφέρεται κανένα από τα δικά του έργα, πως όλη αυτή η περιπέτεια ήταν αποτέλεσμα της δραστηριότητας των αντιπάλων του, πως η συμπεριφορά του υπήρξε άψογη και δεν εξέθεσε κανέναν και πως, αν ο πρέσβης ακούσει κάτι εναντίον του, να ελέγξει τις πληροφορίες του και από άλλες πιο ασφαλείς πηγές. Ως ιστορικό τεκμήριο, η επιστολή του Γαλιλαίου έχει μεγάλο ενδιαφέρον. Χωρίς να λέει ψέματα, δε λέει και όλη την αλήθεια, συνεπώς τα ιστορικά γεγονότα στα οποία αναφέρεται γίνονται κατανοητά μονάχα αν γίνει η συστηματική σύγκριση και ο έλεγχος με τα άλλα ντοκουμέντα.

Θα περίμενε κανείς ο Γαλιλαίος να αποχωρήσει τώρα από τη Ρώμη και να επιστρέψει στη Φλωρεντία ή την Πίζα. Έμεινε όμως μέχρι το τέλος Μαΐου και ένας από τους πιο σημαντικούς λόγους ήταν να διευρύνει τον κύκλο των υποστηρικτών του, κυρίως μετά από την ευνοϊκή γι' αυτόν έκβαση των διαδικασιών της Ιεράς Εξέτασης. Ο άλλος λόγος ήταν ότι θα επιδίωκε να συναντήσει τον Πάπα. Η συνάντηση έγινε στις 11 Μαρτίου 1616 και την επόμενη γράφει αναλυτικά τα της συνάντησης στον πρέσβη. Η συνάντηση, που ήταν «διαίτερα θερμή», κράτησε σαρανταπέντε λεπτά. Ο Γαλιλαίος ανέπτυξε στον Πάπα τους λόγους για τους οποίους είχε έρθει στη Ρώμη, την επιμονή των αντιπάλων του να του προσάψουν διάφορες κατηγορίες και εξέφρασε την αγωνία του ότι οι κατήγοροί του θα συνεχίσουν να έχουν την ίδια συμπεριφορά. Ο Πάπας τον προέτρεψε να μην ανησυχεί και του είπε ότι θα πρέπει να αισθάνεται ασφαλής όσο ζούσε ο Πάπας και ότι ήταν «διατεθειμένος σε κάθε περίπτωση να εκφράσει την υποστήριξή του σε εμένα».

Οι φίλοι του Γαλιλαίου τον ενημέρωναν ότι πολλά άτομα διέδιδαν πως ο Γαλιλαίος είχε τιμωρηθεί από την Ιερά Εξέταση. Ο Γαλιλαίος προσκόμισε τα γράμματα αυτά στον Bellarmine και του ζήτησε να του δώσει μία επιστολή, η οποία να αντικρούει αυτές τις φήμες. Ο Bellarmine πείστηκε να δώσει την επιστολή. Το κείμενο αυτό γραμμένο και υπογραμμένο από τον Bellarmine στις 26 Μαΐου 1616 δηλώνει πως αυτά που ακούγονται για το Γαλιλαίο είναι ψέματα, ότι δεν τιμωρήθηκε για τις απόψεις του και ότι του ανακοινώθηκε η απόφαση του Πάπα και της Ιεράς Εξέτασης ότι το δόγμα που αποδίδεται στον Κοπέρνικο, ότι η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο, είναι αντίθετο με τις Γραφές και άρα «δεν είναι δυνατό κανείς να το υπερασπίζεται και να το υποστηρίζει».

Έτσι τελειώνει αυτή η εξαιρετικά σύνθετη και πολυσυζητημένη φάση της ζωής του Γαλιλαίου. Μετά τους περίπου πέντε μήνες που έμεινε στη Ρώμη, ο Γαλιλαίος επι-

στρέφει στη Φλωρεντία σχεδόν θριαμβευτής. Είχε κατέβει στη Ρώμη ουσιαστικά ως κατηγορούμενος. Στη διάρκεια της παραμονής του καταφέρνει να αποσπάσει την εύνοια του Πάπα, να μην του απαγορευτεί η συζήτηση και διδασκαλία των απόψεων του Κοπέρνικου και να διευρύνει τον κύκλο των υποστηρικτών του. Επιπλέον, οι διαδικασίες που άρχισαν με αφορμή την κρίση από την Ιερά Εξέταση του δικού του βιβλίου για τις ηλιακές κηλίδες οδήγησαν και σ'ένα ξεκαθάρισμα σχετικά με την περιστροφή της Γης. Το αποτέλεσμα ήταν η προσωρινή απόσυρση του *De Revolutionibus* και οι προτεινόμενες ασήμαντες αλλαγές. Προφανώς, ο Γαλιλαίος καταφέρνει τα μέγιστα όσο είναι στη Ρώμη και δημιουργεί ευνοϊκές προϋποθέσεις για τις μελλοντικές του κινήσεις. Βέβαια, σημαντικός —ενδεχομένως και αποφασιστικός—παράγοντας στην έκβαση των γεγονότων ήταν ο καρδινάλιος Bellarmine.

Ο Γαλιλαίος στη συνέχεια αποσύρεται από τις διαμάχες μέχρι το 1618. Τότε η εμφάνιση τριών κομητών προκαλεί νέο ενδιαφέρον για την αστρονομία. Όλη η Ευρώπη πλέον μιλά για άστρα. Ο ιησουίτης μοναχός Grassi δημοσιεύει τη θεωρία του για τους κομήτες (*De Tribus Cometis*), στηριζόμενος στις απόψεις του Tycho Brache. Ο Γαλιλαίος αποκαλεί τις απόψεις του Grassi «κενόδοξες και εσφαλμένες». Ο Grassi απαντά με το ψευδώνυμο Lotario Sarsi απευθείας στο Γαλιλαίο, ο οποίος ανταπαντά με το περίφημο μαχητικό του κείμενο *Il Saggiatore*. Το 1623 η Ακαδημία των Λυγκέων, της οποίας ο Γαλιλαίος ήταν μέλος, δημοσίευσε με τροποποιήσεις το κείμενο στη Ρώμη, αφιερώνοντάς το στο νέο πάπα Ουρβανό Η΄. Ο Πάπας δέχτηκε την αφιέρωση και ευλόγησε την έκδοση τον Οκτώβριο του 1623. Ο Γαλιλαίος θεωρεί τα γεγονότα αυτά ενθαρρυντικά και τον Απρίλιο του 1624 πηγαίνει στη Ρώμη με σκοπό να πετύχει την ανάκληση της εντολής του 1616 από τον Πάπα. Ο Πάπας αρνήθηκε, αν και είπε στο Γαλιλαίο ότι, αν ήταν στο χέρι του, η εντολή αυτή δε θα είχε δοθεί ποτέ. Το 1626 δύο μαθητές του Γαλιλαίου, ο Benedetto Castelli και ο Niccolo Riccardi, καταλαμβάνουν τις θέσεις του μαθηματικού του Πάπα και του αρχιλογοκριτή του τύπου αντίστοιχα. Ο Γαλιλαίος προσπαθεί εκ νέου, και το επιτυγχάνει, να εξασφαλίσει την άδεια να γράψει για τα δύο συστήματα (αριστοτελισμός–κοπερνικισμός) υπό τον όρο ότι δε θα πάρει θέση. Υποχρεώθηκε μάλιστα να καταλήξει στο εξής συμπέρασμα, που του υπαγόρευσε ο Πάπας: «Ο άνθρωπος δεν είναι δυνατό να αντιληφθεί πώς είναι στην πραγματικότητα φτιαγμένος ο κόσμος, γιατί ο Θεός μπορεί να ενεργήσει με τρόπους που αυτός (ο άνθρωπος) δεν μπορεί να διανοηθεί, ούτε έχει τη δυνατότητα να περιορίσει την παντοδυναμία του Θεού».

Ο Γαλιλαίος εργάστηκε για το βιβλίο του από το 1624 έως το 1630. Το έργο παρουσιάζεται σε διαλογική μορφή με τρία πρόσωπα: το Σαλβιάτι, που εκφράζει τις απόψεις του Κοπέρνικου, το Σιμπλίτσιο, οπαδό του Αριστοτέλη και τον αδαή αλλά καλοπροαίρετο Σαγκρέντο.

Το βιβλίο κυκλοφορεί μετά από πολλές καθυστερήσεις και γραφειοκρατικές διαδικασίες το Μάρτιο του 1632. Τυπώθηκε στο τυπογραφείο «Τρία Ψάρια» της Φλωρεντίας υπό τον τίτλο «*Διάλογος περί των δύο κυριότερων κοσμικών συστημάτων, του πτολεμαϊκού και του κοπερνικικού*». Αυτός ήταν ο τίτλος που ζήτησε η Ρώμη για να μην αναφερθούν οι παλίρροιες (*Διάλογος για τις παλίρροιες* ήταν ο αρχικός τίτλος) που σύμφωνα με το Γαλιλαίο αποτελούσαν (λάθος, όπως διαπιστώθηκε το 18ο αιώνα) την αδιαφιλονίκητη απόδειξη για την κοπερνίκεια θεωρία. Το περιεχόμενο του παρουσιάζει ένα διάλογο τεσσάρων ημερών ανάμεσα στους τρεις συνομιλητές, κατά τη διάρκεια του οποίου γίνεται κριτική στον Αριστοτέλη με βάση τις νέες αστρονομικές παρατηρήσεις, αναπτύσσονται επιχειρήματα υπέρ της ημερήσιας και ετήσιας περιστροφής της Γης και στο τέλος γίνεται μια πραγμάτευση των παλιρροιών στη βάση της νέας (ηλιοκεντρικής) θεωρίας. Γίνεται επίσης αναφορά για την πρόταση του Kepler για τις ελλειπτικές τροχιές που ο Γαλιλαίος γνώριζε.

Το βιβλίο είναι γραμμένο με αρκετή ειρωνεία και ενοχλούν κυρίως ο πρόλογος και το τέλος του, όπου φαίνεται ξεκάθαρα η θέση του Γαλιλαίου υπέρ της κοπερνίκειας θεωρίας. Στο τέλος μάλιστα βάζει στο στόμα του Σιμπλίτσιο το συμπέρασμα που του είχε υπαγορεύσει ο Πάπας. Ο Σαλβιάτι σαρκάζει: «Θαυμαστό πράγματι και αγγελικό επιχείρημα!»

Οι επικριτές του έργου υποστήριζαν ότι η κίνηση της Γης δεν αντιμετωπίζεται ως υπόθεση αλλά ως μια πραγματικότητα. Ο Πάπας και οι επικριτές του έργου θεωρούσαν πως η κίνηση της Γης έπρεπε να χρησιμοποιηθεί για τη διευκόλυνση των υπολογισμών και των προβλέψεων. Ο Γαλιλαίος χρησιμοποίησε την κίνηση της Γης ως μια υπόθεση σχετικά με τη φυσική πραγματικότητα, η οποία θα μπορούσε στο μέλλον να αποδειχτεί αληθινή. Βέβαια, ο Γαλιλαίος, ο οποίος δεν ήταν καθόλου αφέλης, γνώριζε ακριβώς τι έκανε και προσπαθούσε να διευρύνει και να νομιμοποιήσει κάθε φορά τον προβληματισμό του, με τελικό πάντοτε στόχο την καθιέρωση του ηλιοκεντρικού σύμπαντος και της κίνησης της Γης, για τα οποία κυρίως μετά τη χρήση του τηλεσκοπίου το 1610–1611 ήταν απολύτως πεισμένος. Απλώς δεν μπορούσε να διατυπώσει τις απόψεις του ξεκάθαρα, γιατί αυτό θα οδηγούσε στην απαγόρευσή τους. Έτσι λοιπόν μπορούμε να μιλάμε για μία *στρατηγική* του Γαλιλαίου, ώστε να καταφέρει, σιγά σιγά και μέσα από τις σύνθετες διαδικασίες που περιγράφουμε, να προχωρήσει και να νομιμοποιήσει τον προβληματισμό του. Βέβαια, το γεγονός ότι ο Γαλιλαίος είχε διαμορφώσει τη συγκεκριμένη στρατηγική *δε* σημαίνει και επιτυχία των επιδιώξεών του. Ή, πιο σωστά, *δε* σημαίνει και επιτυχία χωρίς πισωγυρίσματα, απογοητεύσεις και επώδυνες καταστάσεις. Ένα άλλο «δίδαγμα» από την ιστορία της επιστήμης και ιδιαίτερα της ζωής του Γαλιλαίου, αλλά όχι μόνο του Γαλιλαίου, είναι πως δεν είναι εύκολο να πειστεί η κοινωνία, αλλά πολλές φορές και οι

ειδικοί, για κάτι που είναι σωστό και αληθινό και το οποίο έρχεται σε αντίθεση με καθιερωμένες απόψεις. Έτσι για την αποδοχή των νέων ιδεών, εκτός από τα ορθολογικά επιχειρήματα, πρέπει να δημιουργηθεί και το «κατάλληλο κλίμα».

Οι αντίπαλοι του Γαλιλαίου που караδοκούν βρίσκουν την ευκαιρία να επιτεθούν. Αιχμή του δόρατος είναι οι ιησουίτες που, αν και αρχικά ήταν ευνοϊκοί προς το Γαλιλαίο (το Μάιο μάλιστα του 1616 είχαν παραδεχτεί τις ανακαλύψεις του ως έγκυρες και του είχαν επιτρέψει να τις δημοσιεύσει), στη συνέχεια άλλαξαν τακτική απέναντί του, έχοντας υποστεί μεγάλες ταπεινώσεις στα πρόσωπα των Scheiner και Grassi. Ο πρώτος βρέθηκε αντιμέτωπος με το Γαλιλαίο στη διεκδίκηση της προτεραιότητας της ανακάλυψης των ηλιακών κηλίδων και ο δεύτερος στη διαμάχη για τους κομήτες το 1618. Οι ιησουίτες λοιπόν καταγγέλλουν στον Πάπα ότι οι ιδέες του Γαλιλαίου είναι πιο επικίνδυνες από αυτές του Καλβίνου και του Λούθηρου. Κατορθώνουν να πείσουν τον Ουρβανό ότι ο «γελοῖος» Συμπλίσσιο των Διαλόγων είναι αυτός ο ίδιος και ότι ο Γαλιλαῖος τον διακωμωδεί.

Επιπλέον ανασύρεται το πρακτικό της συνάντησης με τον Bellarmine (ο οποίος δε ζει πια) του 1616. Ο Γαλιλαῖος δεν είχε αναφέρει ποτέ στον Πάπα τη συνάντηση αυτή ούτε την προσωπική εντολή που είχε δεχτεί. Ο Ουρβανός γίνεται πλέον έξαλλος, πιστεύοντας ότι ο Γαλιλαῖος τον χλευάζει, έχοντάς τον εξαπατήσει. Ανεξάρτητα από το γεγονός ότι το ντοκουμέντο δεν ήταν και τυπικά νόμιμο, ο Πάπας θεώρησε ότι τα γεγονότα που περιέγραφε ήταν πραγματικά και πως ο Γαλιλαῖος, πρώτον, του τα είχε αποκρύψει στη διάρκεια των συναντήσεων που είχαν το 1623 και, δεύτερον, με την απόφασή του να προχωρήσει στην έκδοση του έργου του *Διάλογοι...* είχε παραβιάσει την εντολή της Εκκλησίας. Παρενθετικά θα πρέπει να σχολιάσουμε το εξής σημείο. Αν το ντοκουμέντο ήταν πλαστό, τότε προφανώς ο Γαλιλαῖος ήταν τυπικά αθώος και δεν είχε διαπράξει ηθικό παράπτωμα. Αν όμως τα γεγονότα που περιέγραφε το ντοκουμέντο είχαν γίνει, τότε το θέμα της τυπικής νομιμότητας του εγγράφου –το οποίο άλλωστε ο Γαλιλαῖος δεν ήταν σε θέση να γνωρίζει—δεν έπαιζε κανένα ρόλο. Σε αυτή την περίπτωση βάρυνε το γεγονός ότι ο Γαλιλαῖος είχε προειδοποιηθεί, είχε συμφωνήσει και με το βιβλίο του *Διάλογοι...* αθέτησε την υποσχέσή του. Άρα, ηθικά τουλάχιστον, ήταν ένοχος. Ήταν όμως και τυπικά ένοχος; Η δίκη του 1633 αποτελούσε τη διαδικασία να αποδειχτεί και η τυπική ενοχή του, αφού τα γεγονότα που περιγράφονται στο ντοκουμέντο θεωρήθηκαν ως πραγματικά.

Τον Αύγουστο του 1632 η πώληση των Διαλόγων απαγορεύτηκε και στις 23 Σεπτεμβρίου ο Γαλιλαῖος κλήθηκε να παρουσιαστεί στην Ιερά Εξέταση στη Ρώμη. Οι φίλοι του στη Ρώμη επικαλέσθηκαν μάταια τη μεγάλη του ηλικία και την κακή κατάσταση της υγείας του. Ο ίδιος έφθασε στη Ρώμη στις 13 Φεβρουαρίου του 1633.

Παρουσιάστηκε για πρώτη φορά ενώπιον των ιεροεξεταστών στις 12 Απριλίου όπου του απευθύνθηκε η κατηγορία ότι παρέβη την εντολή του 1616 και πιάστηκε να ομολογήσει την ενοχή του. Αυτός αρνήθηκε, λέγοντας ότι παρουσίασε τη θεωρία του Κοπέρνικου ως υπόθεση και μόνο. Τότε οι κατήγοροί του επικαλέστηκαν το ανυπόγραφο μνημόνιο του 1616. Ο γραμματέας, μοναχός Macculano, προσπάθησε να παρασύρει το Γαλιλαίο σε επίσημες δηλώσεις για το πρακτικό αυτό, χωρίς να τον ενδιαφέρει εάν είναι πλαστό ή γνήσιο, ώστε να πέσει σε αντιφάσεις. Ο Γαλιλαίος τότε παρουσιάζει το ιδιόχειρο γράμμα του Bellarmine, το οποίο αγνοούσε το δικαστήριο. Αναγνωρίζει έμμεσα τη γνησιότητα του μνημονίου, ισχυριζόμενος όμως ότι το βιβλίο του δεν ερχόταν σε αντίθεση με την εντολή, γιατί σκοπός του ήταν να αποδείξει ότι οι θεωρίες του Κοπέρνικου δεν αποδεικνύονται! Στο τέλος της πρώτης κατάθεσης φάνηκε να αλλάζουν τα τυπικά και νομικά δεδομένα με τα οποία παραπέμφθηκε σε δίκη ο Γαλιλαίος. Οι ιεροεξεταστές δε φάνηκε να γνώριζαν την ύπαρξη της επιστολής του Bellarmine προς το Γαλιλαίο (αφού ο Bellarmine τού την έδωσε ιδιωτικά και όχι σαν μέρος των διαδικασιών της Ιεράς Εξέτασης). Ο δε Γαλιλαίος άκουγε για πρώτη φορά το περιεχόμενο του ανυπόγραφου ντοκουμέντου. Η νέα κατάσταση οδήγησε τους ιεροεξεταστές να επαναδιατυπώσουν την αρχική τους κατηγορία. Δεν επέμειναν στην κατηγορία της παραβίασης από το Γαλιλαίο της (δικαστικής) εντολής, υπό την προϋπόθεση ότι ο Γαλιλαίος θα δήλωνε πως άθελά του παραβίασε την εντολή που είχε πάρει το 1616 να μην υπερασπιστεί το κοπερνίκειο σύστημα. Αν ο Γαλιλαίος δεχόταν αυτή τη «συναλλαγή», τότε η Ιερά Εξέταση θα είχε αποσπάσει μια ομολογία ενοχής από τον ίδιο το Γαλιλαίο και σαν αντάλλαγμα, κατά κάποιον τρόπο, δε θα προχωρούσε στην επιβολή ποινών που αντιστοιχούσαν στις βαρύτερες κατηγορίες.

Η νέα όμως κατηγορία έπρεπε να έχει ένα δικό της νομιμοποιητικό πλαίσιο. Έτσι διορίστηκαν τρεις σύμβουλοι της Ιεράς Εξέτασης να γνωματεύσουν κατά πόσο ο Γαλιλαίος στο έργο του *Διάλογοι*... υποστήριζε ως πραγματική την κίνηση της Γης. Και οι τρεις σύμβουλοι με τις διαφορετικές εκθέσεις τους κατέληγαν πως ο Γαλιλαίος υποστήριζε με σαφήνεια την κίνηση της Γης και σχεδόν σίγουρα έμοιαζε να την πιστεύει. Ο γραμματέας της Ιεράς Εξέτασης συζήτησε ιδιωτικά με το Γαλιλαίο, προτείνοντάς του να δεχτεί την ενοχή του και να δηλώσει ότι με το περιεχόμενο των γραπτών του δεν είχε καμία πρόθεση να βλάψει την Εκκλησία. Μετά από μακρά συζήτηση ο Γαλιλαίος δέχτηκε την πρόταση και ζήτησε μερικές μέρες προθεσμία για να σκεφτεί έναν αξιοπρεπή τρόπο να ομολογήσει την ενοχή του.

Στη δεύτερη ανάκρισή του στις 30 Απριλίου 1633 παρουσιάστηκε πιο διαλλακτικός. Ξαναδιάβασε, όπως είπε, το βιβλίο του και παρατήρησε μεταξύ άλλων τα εξής:

*Δύο κυρίως θέματα δεν είναι δεόντως διατυπωμένα. Το ένα όσον αφορά στις κηλίδες του Ήλιου και το άλλο στις παλίρροιες. Δηλαδή και τα δύο αυτά θέματα είναι έτσι γραμμένα, που δεν αφήνουν περιθώρια στον αδαή αναγνώστη να σχηματίσει δική του άποψη, αφού τα υποστηρίζω με σθένος ως αδιάψευστες και αναμφισβήτητες αλήθειες. Γι' αυτό, αν χρειαζόταν να επαναδιατυπώσω τα ίδια θέματα, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι θα ήμουν πιο διαλλακτικός και λιγότερο ισχυρογνώμων, όσον αφορά στα δύο επίμαχα ζητήματα. Το λάθος μου οφείλεται —και το ομολογώ— σε ματαιοδοξία και αφέλεια.*

Με την αυθόρμητη ομολογία της πλάνης προσπάθησε να αποφύγει την κατηγορία του δόλου, δηλαδή της αίρεσης. Του επιτράπη τότε να επιστρέψει στην έπαυλη του πρεσβευτή Niccolini.

Στις 10 Μαΐου κλήθηκε ξανά σε ανάκριση. Σε αυτήν παρουσίασε το ιδιόχειρο σημείωμα του Bellarmine και υποστήριξε ότι σύμφωνα με αυτό απάντησε αρνητικά στην πρώτη ανάκριση, όταν ρωτήθηκε αν του είχε απαγορευτεί «να υποστηρίζει, πιστεύει ή διδάσκει καθ' οιονδήποτε τρόπο» τον ηλιοκεντρισμό ως θεωρία. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει:

*Σε αυτό το σημείωμα μπορεί να δει κανείς καθαρά ότι απλά μου συνεστήθη να μην υποστηρίζω ή να μην πιστεύω το κοπερνίκειο δόγμα... Εκτός από αυτή τη σύσταση δεν αναφέρεται καμιά άλλη ξεχωριστή εντολή. Όταν λοιπόν άκουσα, στην κατηγορία που μου προσάπτεται, τις φράσεις «διδάσκω» και «καθ' οιονδήποτε τρόπο», μου φάνηκαν εντελώς καινούριες και πρωτάκουστες.*

Συνεχίζοντας ο Γαλιλαίος, είπε ότι γι' αυτό θεωρούσε τον εαυτό του δικαιολογημένο που δεν ανέφερε στον Ουρβάνιο τίποτα για την προσωπική εντολή που έλαβε, αφού ήταν ίδια με το περιεχόμενο της απόφασης που απαγόρευε τα βιβλία του Κοπέρνικου. Τελικά επικαλέσθηκε την άσχημη κατάσταση της υγείας του και ζήτησε την επιείκεια των δικαστών.

Μετά την ολοκλήρωση της κατάθεσής του, οι ιεροεξεταστές φάνηκαν ικανοποιημένοι από την ομολογία του Γαλιλαίου και στο πόρισμα που ετοίμασαν προς τον Πάπα δεν προέβλεπαν καμία ποινή. Ο Πάπας όμως διαφώνησε για μια τέτοια κατάληξη της δίκης. Η νέα του εντολή στην Ιερά Εξέταση ήταν να ανακριθεί ο Γαλιλαίος κάτω από την προφορική απειλή βασανιστηρίων, ώστε να διαπιστωθούν οι πραγματικές προθέσεις του. Ο Πάπας πρόσθεσε ότι, ακόμα και αν διαπιστωθεί ότι δεν ήταν στις προθέσεις του Γαλιλαίου να θίξει την Εκκλησία, θα έπρεπε ο ίδιος να προχωρήσει σε δημόσια αποκήρυξη του έργου του, να τεθεί υπό περιορισμό και να απαγορευτεί η κυκλοφορία του βιβλίου του.

Στις 21 Ιουνίου ο Γαλιλαίος κατέθεσε ότι θεωρούσε πλέον ως αναμφισβήτητα λανθασμένη την κοπερνίκεια θεωρία και ότι αποδεχόταν πλήρως το πτολεμαϊκό σύστημα. Τελείωσε λέγοντας: «Είμαι στα χέρια σας. Κάντε με ό,τι θέλετε.» Επιχείρησε με τον τρόπο αυτό να μετριάσει την ποινή του, οι ιεροεξεταστές όμως δε σκόπευαν να επιβάλουν ποινή μικρότερη από την ανώτερη δυνατή ούτε να τον βοηθήσουν να αποφύγει την ταπείνωση. Ο Πάπας ενημερωνόταν για την πορεία των ανακρίσεων, αλλά απέφυγε να επέμβει, διαψεύδοντας και τις τελευταίες ελπίδες του Γαλιλαίου. Την επόμενη μέρα βγήκε η καταδικαστική απόφαση, που τον κήρυττε ένοχο για «σοβαρότατη υπόνοια» πως αυτά που πίστευε ήταν αιρετικά, προσφέροντάς του άφεση με τον όρο της πλήρους αποκήρυξης των ιδεών του. Η αμέσως βαρύτερη κατηγορία ήταν η κατηγορία του αιρετικού, η ποινή της οποίας ήταν η θανάτωση. Το κείμενο κατέληγε:

*... σε καταδικάζουμε σε φυλάκιση στο ιερό τούτο μέγαρο για περίοδο της αρεσκείας μας. Σε υποχρεώνουμε να απαγγέλλεις τους επτά ψαλμούς μία φορά την εβδομάδα για τα επόμενα τρία χρόνια. Και διατηρούμε την εξουσία να αλλάζουμε μέρος ή το σύνολο αυτής της ποινής.*

Το κείμενο της απόφασης υπογράφηκε από επτά από τους δέκα καρδινάλιους, που επιφορτίστηκαν με τη σύνταξη της απόφασης. Ένας από αυτούς δεν υπέγραψε, ήταν ο καρδινάλιος Francesco Barberini, ανιψιός του Πάπα και ένα από τα ισχυρότερα άτομα στη Ρώμη. Ο Γαλιλαίος εξαναγκάστηκε να γονατίσει, αποκήρυξε την κοπερνίκεια θεωρία και πρόσθεσε:

*Με ειλικρινή καρδιά και απροσποίητη πίστη αποκηρύττω, καταρώμαι και βδελύττωμαι τις εν λόγω πλάνες και αιρέσεις και γενικώς κάθε άλλη πλάνη και αίρεση αντίθετη προς την Αγία Εκκλησία και ορκίζομαι ότι ποτέ πλέον στο μέλλον δεν θα πω ή ισχυριστώ τίποτα το οποίο θα μπορούσε να υποκινήσει παρόμοια υπόνοια εναντίον μου. Και ότι, αν συμβεί να γνωρίσω οποιονδήποτε αιρετικό ή άλλον ύποπτο αιρέσεως, θα τον καταγγείλω στην Ιερά Εξέταση. Είθε ο Θεός να με βοηθήσει, ως και τα ιερά Του Ευαγγέλια, τα οποία τώρα αγγίζω.*

Το ότι ο Γαλιλαίος ψιθύρισε το περίφημο *Errur si muove* (και όμως κινείται) αποτελεί ένα μύθο στην ιστορία των επιστημών!

Κρατήθηκε στο μέγαρο της Ιεράς Εξέτασης για τρεις ημέρες. Μετά από διαταγή του Πάπα μεταφέρθηκε στην έπαυλη του Μεγάλου Δούκα της Ρώμης και κατόπιν στη Σιένα, στο σπίτι του μαθητή του Ascanio Piccolini. Το Δεκέμβριο του 1633 του επιτράπη να επιστρέψει στη δική του έπαυλη στο Αρτσέτρι της Φλωρεντίας. Του απαγορευόταν η έξοδος από αυτή, μπορούσε όμως να μελετά, να γράφει βιβλία, να δέχεται επισκέπτες και να παραδίδει μαθήματα. Πέθανε το 1642 και σε όλη τη διάρκεια

της κράτησής του και παρά τις επίμονες προσπάθειές του δεν κατάφερε να πάρει άδεια να πάει στην εκκλησία.

Το 1835 η Εκκλησία επέτρεψε την κυκλοφορία των βιβλίων του.

### Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης

1. Ποια είναι τα γεγονότα που οδηγούν στη συνεδρίαση της Ιεράς Εξέτασης το 1616 για να διευκρινιστεί το θέμα του ηλιοκεντρικού συστήματος;
2. Πώς ο Γαλιλαίος προσπαθεί να «ετοιμαστεί» για το ενδεχόμενο να τον καλέσουν στην Ιερά Εξέταση;

*Προσπαθήστε να κατανοήσετε την κοινωνική πια λειτουργία της αλληλογραφίας και ως διαδικασία με την οποία διευκρινίζονται απόψεις αλλά και ως διαδικασία δημιουργίας πρόσθετων οπαδών, μιας και, όπως γράφουμε, οι επιστολές συχνά αντιγράφονταν και κυκλοφορούσαν «χέρι με χέρι».*

3. Ποια είναι η απόφαση της Ιεράς Εξέτασης σχετικά με την πρόταση του ηλιοκεντρικού σύμπαντος;

*Θέλει προσοχή να εντοπίσουμε το γεγονός ότι η Ιερά Εξέταση «πετάει το μπαλάκι» στους φιλοσόφους. Η διατύπωση της απόφασης είναι τέτοια που αφήνει να διαφανεί πως ναι μεν οι Γραφές υποστηρίζουν ότι ο Ήλιος είναι στο κέντρο του Σύμπαντος, αλλά είναι και σαφές πως και φιλοσοφικά η πρόταση για την κίνηση της Γης είναι παράλογη. Δηλαδή υπονοείται πως, αν οι φιλόσοφοι άλλαζαν άποψη επί του θέματος, η Εκκλησία δε θα μπορούσε να αγνοήσει αυτή τη νέα άποψη. Η διατύπωση όμως έχει και έναν άλλο στόχο: να θεωρηθεί πως η διαμάχη για το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι ουσιαστικά πρόβλημα διαμάχης ανάμεσα στους φιλοσόφους, αφού η θέση της Εκκλησίας είναι δεδομένη. Ενδεχομένως, θα θεωρείτε πως το παρατραβάμε και πως στο κείμενο βλέπουμε να υπάρχουν πολλά περισσότερα απ' ό,τι στην πραγματικότητα υπάρχουν ή απ' ό,τι θα ήθελαν να εκφράσουν με το κείμενο αυτό οι συντάκτες του. Αυτός ο κίνδυνος είναι πάντοτε υπαρκτός αλλά, πρώτον, έχουμε να κάνουμε με ένα νομικό κείμενο (αφού η Ιερά Εξέταση ήταν ένα δικαστήριο για τη διαφύλαξη της νομιμότητας στους κόλπους της Εκκλησίας) και, δεύτερον, ιστοριογραφικά είναι πάντοτε προτιμότερο να προσπαθούμε να κατανοήσουμε όσες περισσότερες πλευρές του όποιου κειμένου ή γεγονότος και μετά, μέσα από τις συζητήσεις ανάμεσα στους ιστορικούς, να αξιολογήσουμε τις διαφορετικές ερμηνείες.*

4. Τι εντολές παίρνει ο Bellarmine από την Ιερά Εξέταση για να νουθετήσει το Γαλιλαίο;



5. Ακολουθεί ο Bellarmine τις οδηγίες που είχε λάβει από την Ιερά Εξέταση; Ποια ήταν η αντίδραση του Γαλιλαίου σε αυτά που του ανακοινώνει ο Bellarmine;
6. Είναι ειλικρινής στην απάντηση που δίνει ο Γαλιλαίος στον Bellarmine; Ποιοι άλλοι ήταν στη συνάντηση αυτή;

*Ας τονίσουμε πως είναι λάθος να θεωρούμε ότι τα πάντα που δηλώνει δημόσια ο Γαλιλαίος υπακούουν σε στρατηγικές, πονηριές και είναι κινήσεις σκοπιμότητας. Π.χ. δεν έχουμε κανένα στοιχείο για να αμφισβητήσουμε την πίστη του Γαλιλαίου στο Θεό ούτε και το σεβασμό που είχε προς την Εκκλησία.*

7. Γιατί συνεχίζει να μένει ο Γαλιλαίος στη Ρώμη μετά την ανακοίνωση σε αυτόν των αποφάσεων της Ιεράς Εξέτασης το 1616;
8. Σε τι βαθμό ο Γαλιλαίος εξωραϊζει την κατάσταση όταν ενημερώνει τον πρόσβη της Τοσκάνης;
9. Πώς προσπαθεί να «κατοχυρωθεί» ο Γαλιλαίος για μελλοντικές επιθέσεις εναντίον του, πριν αποχωρήσει από τη Ρώμη;
10. Τι περιέχει το βιβλίο του Γαλιλαίου *Διάλογοι περί των δύο κυριότερων κοσμικών συστημάτων, του πτολεμαϊκού και του κοπερνίκειου*;
11. Ποιο είναι το ντοκουμέντο που θα χρησιμοποιήσουν οι αντίπαλοι του Γαλιλαίου για να τον κατηγορήσουν ότι παραβίασε τους όρους της άδειας που του είχε δοθεί για να γράψει το βιβλίο;  
*Βλέπουμε εδώ τη μεγάλη σημασία που μπορεί να έχει η «ανακάλυψη» ενός ντοκουμέντου για την πορεία ορισμένων γεγονότων, κυρίως όταν αυτά έχουν σχέση με θέματα που άπτονται νομικών ή και ηθικών δεσμεύσεων. Και, βέβαια, ορισμένα άτομα θεωρούν πως η αναζήτηση τέτοιων ξεχασμένων ή και υποτιμημένων τεκμηρίων αποτελεί το στόχο των ιστορικών. Αυτό είναι μία απολύτως λανθασμένη εκτίμηση, γιατί έτσι υποτιμάται η συνεχής διεύρυνση του προβληματισμού των ιστορικών σχεδόν πάντοτε χωρίς την ανεύρεση νέων ντοκουμέντων.*
12. Πώς μεθοδεύεται η δίκη του Γαλιλαίου;
13. Σε τι διαφέρουν οι απαντήσεις που έδωσε ο Γαλιλαίος στη διάρκεια της πρώτης ανάκρισής του με αυτές που έδωσε στη διάρκεια της δεύτερης;
14. Γιατί ο Πάπας δε δέχεται την πρόταση του δικαστηρίου και θέλει να επανέλθει το θέμα;

## Δραστηριότητες

1. Θα θεωρούσατε τη δίκη του Γαλιλαίου παρόμοια με αυτή του Τζιορντάνο Μπρούνο; Αν ναι, γιατί; Αν όχι, πού θα εστιάζατε τις διαφορές;

2. Τι θα πιστεύατε για τον Γαλιλαίο και τη σχέση του με την Εκκλησία και τα θρησκευτικά ζητήματα; Θα μπορούσε να θεωρηθεί πολέμιος της Εκκλησίας ή όχι; Προσπαθήστε να τεκμηριώσετε τη θέση σας.

*Μελετώντας το αρχαιακό υλικό της δίκης του Γαλιλαίου αλλά και την υπόλοιπη αλληλογραφία του δε συναντάμε κρίσεις του από τι οποίες να συμπεράνουμε ότι εξέφρασε αντι-θρησκευτικές ή αντι-εκκλησιαστικές απόψεις. Κατηγορήθηκε, βέβαια ότι, αν συνέχιζε να πιστεύει και να υπερασπίζεται το ηλιοκεντρικό σύστημα, η Εκκλησία θα τον θεωρούσε αιρετικό, αλλά ο ίδιος προσπάθησε να συμβιβάσει τη θεολογία με τις νέες απόψεις για τη φύση, επιχειρηματολογώντας υπέρ μιας διαφορετικής ερμηνείας της Βίβλου.*

3. Το θέμα αυτό έχει να κάνει με την αξιολόγηση των ιστορικών πηγών: Τι πιστεύετε για τα δύο ντοκουμέντα που υπάρχουν για τη συνάντηση του Γαλιλαίου με τον καρδινάλιο Bellarmine το 1616; Θα μπορούσε να είναι κάποιο πλαστό ή να είναι το ένα εγκυρότερο από το άλλο;

4. Γιατί τελικά η Δυτική Εκκλησία προτίμησε τον αριστοτελισμό;

5. Μιλήσαμε για τις έννοιες της στρατηγικής και διαπραγματεύσεως. Ποια γεγονότα σχετικά με τις δίκες του Γαλιλαίου μπορούν να κατανοηθούν πληρέστερα μέσα από το πρίσμα αυτών των εννοιών; Οι έννοιες αυτές άρχισαν να χρησιμοποιούνται στην ιστορία των επιστημών σχετικά πρόσφατα. Πώς θα μπορούσατε να ερμηνεύσετε αυτά τα γεγονότα χωρίς τη χρήση αυτών των εννοιών;

6. Μελετήστε τα πρακτικά της δίκης του Γαλιλαίου, καθώς και το έργο για το οποίο τελικά καταδικάστηκε.

*Προσπαθήστε να αναλύσετε το γράμμα του Bellarmine, όπως και τις αλλαγές που εμφανίζονται (προκύπτουν) στις διαφορετικές μέρες της δίκης.*

7. Προσπαθήστε να εντοπίσετε στην Παλαιά Διαθήκη α) τα σημεία που αναφέρονται στην τιμωρία των άπιστων και των αιρετικών και β) τα σημεία στα οποία φαίνεται ότι υποστηρίζεται η αλήθεια του γεωκεντρικού συστήματος.

8. Μελετήστε το θεατρικό έργο του Μπρεχτ *Γαλιλαίος* και προσπαθήστε να εντοπίσετε τα σημεία στα οποία υπάρχει διαφοροποίηση από την ιστορική αφήγηση. Οι διαφορές που θα βρείτε δε σημαίνουν βεβαίως κανενός είδους κριτική

στον Μπρεχτ. Μπορείτε να φανταστείτε ένα διαφορετικό Γαλιλαίο από αυτόν του Μπρεχτ;

9. Ποιοι ήταν, τελικά, οι αντίπαλοι του Γαλιλαίου; Το σύνολο της Εκκλησίας; Αν ναι, τότε πώς εξηγείτε ότι υπήρξαν πολλοί ανώτεροι και κατώτεροι κληρικοί που κατά καιρούς ήταν σύμμαχοί του. Αν όχι, τότε πώς είναι δυνατό ένας θεσμός, που η συνοχή του βασίζεται σε δογματικές αλήθειες, να μην είναι ενιαίος και ομογενοποιημένος στη συμπεριφορά του απέναντι αυτών που υποστηρίζουν ιδέες που απειλούν τη συνοχή του θεσμού; Ποιοι ήταν οι υποστηρικτές και σύμμαχοι του Γαλιλαίου; Γιατί κάποιοι κληρικοί ήταν με το μέρος του Γαλιλαίου και γιατί ορισμένοι φιλόσοφοι και αστρονόμοι ήταν εναντίον του;

*Βλέπουμε ότι το πρόβλημα των συμμαχιών και των αντιπαλοτήτων δεν είναι τόσο απλό. Γι' αυτό και έχει ενδιαφέρον να μελετήσουμε τις απόψεις αλλά και τις επιδιώξεις συγκεκριμένων ατόμων και τις πιθανές ομαδοποιήσεις τους.*

### Παράρτημα III

#### Ένα συγκεκριμένο παράδειγμα: Η διαμάχη για τη *vis-viva*.

Η μηχανιστική φιλοσοφία του 17ου αιώνα —σε αντίθεση με την αριστοτελική προσέγγιση της φύσης— απαιτούσε οι αλλαγές που παρατηρούνταν στο φυσικό κόσμο να εξηγούνται με τη βοήθεια της κίνησης και των αναδιατάξεων των μερών της ύλης. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των υλικών σωμάτων θεωρούνταν συνήθως αποτέλεσμα κάποιου είδους φυσικής επαφής είτε άμεσης είτε διαμέσου κάποιου αιθέρα. Πέρα όμως από αυτές τις βασικές υποθέσεις, παρέμενε ανοιχτό ένα σημαντικό πρόβλημα. Ποιο είναι το *αίτιο* της κίνησης και της αλλαγής; Όσο κι αν οι απαντήσεις συνέκλιναν (από την αρχαιότητα ακόμα) στην έννοια της *δύναμης*, το πρόβλημα δεν ήταν εύκολο να λυθεί, επειδή προϋπέθετε την απάντηση σε ένα μείζον φιλοσοφικό ερώτημα: Ποια είναι η φύση αυτής της δύναμης, *πρόκειται δηλαδή για μια εγγενή (εσωτερική) δύναμη της ύλης ή για το αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των σωμάτων*; Το πρόβλημα αυτό συνόδεψε τη φυσική φιλοσοφία μέχρι τα τέλη του 18ου αιώνα ακροβατώντας στο μεταίχμιο μεταξύ φυσικής και μεταφυσικής. Η νευτώνεια σύνθεση, στην οποία η δύναμη παίζει βασικό ρόλο για την κατανόηση των φυσικών αλληλεπιδράσεων, απέφυγε το σκόπελο με την άρνηση του ίδιου του Νεύτωνα να τοποθετηθεί στο ερώτημα περί της φύσης των δυνάμεων. Δε συνέβη το ίδιο όμως και με τους οπαδούς του Καρτέσιου και του Leibniz.

Η καρτεσιανή φιλοσοφία αντιπροσωπεύει την άποψη ότι στην ύλη δεν υπάρχουν δυνάμεις. Ο κόσμος φτιάχτηκε από το Θεό σαν ένας τέλειος ωρολογιακός μηχανισμός και δε χρειάζεται κανενός είδους παρέμβαση για να συνεχίσει να λειτουργεί «εξ αιεί». Η συνολική ποσότητα κίνησης που δόθηκε από το Θεό στο σύμπαν διατηρείται άφθαρτη και κατανέμεται μεταξύ των σωμάτων με την επαφή. Ό,τι παρατηρούμε αποτελεί εκδήλωση της ύλης που βρίσκεται σε κίνηση και η έννοια αυτή αρκεί για να εξηγήσει όλα τα φαινόμενα. Η καρτεσιανή φιλοσοφία έχει τις ρίζες της στην άρνηση του ανιμισμού που διαδόθηκε κατά την περίοδο της Αναγέννησης. Στόχος του Καρτέσιου ήταν να καταπολεμήσει την αντίληψη που περιέγραφε τη φύση σαν ζωντανό ον και αναγνώριζε ψυχές σε κάθε τμήμα της.

Η διαφωνία του Leibniz με τις απόψεις του Καρτέσιου εκδηλώνεται πολλά χρόνια μετά το θάνατο του δεύτερου και έχει θεολογικό υπόβαθρο. Στη *Μεταφυσική Πραγματεία*, που δημοσιεύτηκε το 1686, ο Leibniz συναρτά την αντίθεσή του στο Γάλλο φιλόσοφο με το ζήτημα της σχετικής κίνησης. Δεχόμενος ότι η κίνηση είναι σχετική, θεωρεί ότι η πραγματική διαφορά ανάμεσα σ' ένα κινούμενο κι ένα ακίνητο σώμα δεν μπορεί να έγκειται απλά στην αλλαγή θέσης του πρώτου. Εξάλλου, η αρχή της

αδράνειας αποκλείει την περίπτωση ένα σώμα που κινείται με σταθερή ταχύτητα να υφίσταται την επίδραση εξωτερικής δύναμης. Συνεπώς, το αίτιο της κίνησης δεν μπορεί παρά να είναι μια εγγενής δύναμη. Ένα άλλο επιχείρημα ενάντια στον καρτεσιανισμό προκύπτει από την αρχή της *ταυτότητας των ομοίων*, σύμφωνα με την οποία δύο σώματα με απολύτως ταυτόσημα χαρακτηριστικά πρέπει να ταυτίζονται. Από την εφαρμογή αυτής της αρχής συνάγεται ότι το σώμα, εκτός από την έκτασή του, που για τον Καρτέσιο είναι η μοναδική ουσιώδης ιδιότητα, θα πρέπει να διαθέτει και κάποιες έμφυτες ιδιότητες, που θα το διακρίνουν από τα υπόλοιπα. Κατά το Leibniz υπάρχουν τρεις τέτοιες ιδιότητες, οι οποίες δεν παράγονται από την έκταση και είναι ουσιώδεις. Το *αδιαπέραστο* και η *αδράνεια* που ανήκουν στην *πρωτογενή ύλη* (*materia prima*) και η *δράση* που ανήκει στη *δευτερογενή ύλη* (*materia secunda*), την ύλη δηλαδή που είναι προικισμένη με δύναμη.

Η διαμάχη που ξεκίνησε το 1686 ανάμεσα στο Leibniz και τους οπαδούς του Καρτέσιου, Catalan, Malebranche και Papin, διήρκεσε πέντε χρόνια. Και ο όρος που χρησιμοποιήθηκε κι από τις δυο πλευρές ήταν «δύναμη». Στη σύγχρονη ορολογία αυτό που ονόμαζαν δύναμη οι καρτεσιανοί είναι αυτό που αποκαλούμε ορμή ( $mv$ ), ενώ ο Leibniz αναφερόταν σε ό,τι σήμερα ονομάζουμε κινητική ενέργεια ( $mv^2$ ). Ο Descartes υπολόγισε τη δύναμη από την *ποσότητα της κίνησης*. Ο Leibniz ωστόσο ισχυριζόταν ότι, λόγω των εσφαλμένων νόμων της κρούσης που χρησιμοποίησε, το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξε ήταν λαθεμένο. Ο Descartes διατύπωσε την αρχή διατήρησης της ποσότητας κίνησης το 1644 στο έργο του *Principia philosophiae*. Η άποψή του ήταν ότι ο Θεός, που αποτελεί τη γενική αιτία της κίνησης, διατηρεί την ίδια ποσότητα κίνησης και ηρεμίας στο σύμπαν από τη στιγμή της δημιουργίας. Ο υπολογισμός αυτής της ποσότητας γίνεται με το γινόμενο  $mv$ , όπως προκύπτει από τη διατύπωση: «Πρέπει να θεωρήσουμε ίση την ποσότητα κίνησης δύο σωμάτων, αν το ένα κινείται δύο φορές πιο γρήγορα από το άλλο, ενώ το δεύτερο είναι δύο φορές πιο μεγάλο από το πρώτο.» Η διατήρηση της ποσότητας κίνησης είναι αποτέλεσμα της τελειότητας του Θεού, ο οποίος είναι αμετάβλητος και όλες οι ενέργειές του είναι τέλειες και ολοκληρωμένες πράξεις από τη στιγμή της δημιουργίας και εντεύθεν. Αποτέλεσμα αυτής ακριβώς της τελειότητας είναι το γεγονός ότι η συνολική ποσότητα κίνησης στο σύμπαν παραμένει αμετάβλητη. Ο Leibniz από την πλευρά του επιδίωκε επίσης να διατυπώσει μια αρχή διατήρησης που θα αντανάκλούσε την τελειότητα του Θεού. Κατάλαβε όμως ότι σε πολλές περιπτώσεις η εφαρμογή της καρτεσιανής αρχής διατήρησης οδηγούσε σε αρνητικά ή μηδενικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα στην κρούση, εάν λαμβάνονταν υπόψη οι διευθύνσεις των ταχυτήτων πριν και μετά την αναπήδηση των σωμάτων, η αρχή διατήρησης υπονομευόταν.

Ο Leibniz άρχισε να δημοσιεύει μια σειρά άρθρων, όπου στο φως των εργασιών των John Wallis, Christopher Wren και Christian Huygens επιχείρησε να δείξει ότι αυτό που διατηρείται κατά την κρούση δεν είναι η ποσότητα κίνησης  $m|v|$  αλλά η «δρόσα δύναμη» ( $vis viva$ )  $mv^2$ . Στο άρθρο του «Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii et aliorum circa legem naturae» (δημοσιεύτηκε το 1686 στο περιοδικό *Acta Eruditorum*, το οποίο φιλοξένησε και πολλές άλλες εργασίες του Leibniz) υποστηρίζει ότι δεν είναι δυνατό να εφαρμοστούν στη δυναμική οι αρχές της στατικής, διότι στη στατική η δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας. Όταν όμως το σώμα αποκτήσει κάποια ταχύτητα, τότε η «δύναμη» γίνεται ανάλογη με το τετράγωνο της ταχύτητας. Αυτό το δικαιολογούσε στηριζόμενος στο αξίωμα ότι πάντα στη φύση υπάρχει κάποια τέλεια εξίσωση που συνδέει τα αίτια με τα αποτελέσματα. Στην προκειμένη περίπτωση η δύναμη του κινούμενου σώματος θα έπρεπε να ισούται με το γινόμενο της μάζας επί το ύψος, στο οποίο μπορεί να φτάσει το σώμα ως αποτέλεσμα αυτής της δύναμης. Κάνοντας χρήση του νόμου της ελεύθερης πτώσης, ο Leibniz έδειξε ότι αυτό το ύψος είναι ανάλογο του τετραγώνου της ταχύτητας και, ως εκ τούτου, η  $vis viva$  ισούται με  $mv^2$ .

Το 1691, στο *Essay de dynamique*, ο Leibniz μελετά το πρόβλημα της κρούσης στη βάση τριών εξισώσεων. Χρησιμοποιεί την αρχή διατήρησης της σχετικής ταχύτητας, την αρχή διατήρησης της ορμής, που ο ίδιος ονομάζει *ποσότητα προόδου* και της δίνει διανυσματική μορφή, και την αρχή διατήρησης της  $vis viva mv^2$ . Η λύση του προβλήματος της ελαστικής κρούσης δίνεται από την επίλυση δυο οποιωνδήποτε από τις εξισώσεις αυτού του συστήματος. Το σημαντικό ωστόσο είναι ότι από αυτή την πραγμάτευση του προβλήματος ο Leibniz επιχειρεί να οδηγηθεί σ' έναν υπολογισμό της δύναμης που ποτέ δε θα δίνει μηδενικό ή αρνητικό αποτέλεσμα. Η μεταφυσική επιδίωξη, στη βάση της οποίας προσανατολίζονται οι μαθηματικές επεξεργασίες του, αποβλέπει στην οριστική διατύπωση της αρχής διατήρησης μιας «δύναμης» με την οποία ο Θεός εξόπλισε το σύμπαν και, ως εκ τούτου, παραμένει σταθερή στο σύνολό της, ενώ στις επιμέρους περιπτώσεις λαμβάνει μόνο θετικές τιμές. Η ουσία της διαμάχης λοιπόν του Leibniz με τον Καρτέσιο έγκειται στο ότι, αν ληφθεί ως «δύναμη» η ποσότητα της κίνησης  $mv$ , τότε στην ελαστική κρούση είναι δυνατό να έχουμε μηδενικές ή αρνητικές τιμές, πράγμα απαράδεκτο για το Leibniz. Η εξίσωση διατήρησης της  $vis viva$  αποφεύγει αυτό το πρόβλημα, γιατί τα τετράγωνα των ταχυτήτων είναι πάντα θετικοί αριθμοί ανεξαρτήτως της διεύθυνσής τους. Έτσι «...οι διαφορετικές διευθύνσεις δεν τροποποιούν το αποτέλεσμα. Και είναι επίσης γι' αυτό το λόγο που τούτη η εξίσωση δίνει κάτι απόλυτο, ανεξάρτητα από την πλευρά από την οποία μελετάμε το φαινόμενο. Το ζήτημα εδώ αφορά μόνο

τον υπολογισμό των μαζών και των ταχυτήτων, χωρίς να μας δημιουργεί πρόβλημα η φορά που έχουν αυτές οι ταχύτητες. Κι αυτό ακριβώς είναι που ικανοποιεί τόσο την αυστηρότητα των μαθηματικών όσο και τις επιδιώξεις των φιλοσόφων —τα πειράματα και τους λόγους, που συνάγονται από διαφορετικές αρχές.»

Η διαμάχη του Leibniz με τους επιγόνους του Καρτέσιου συνεπώς δεν ήταν μια απλή διαμάχη στο μαθηματικό επίπεδο για τον τρόπο υπολογισμού της δύναμης, αν δηλαδή θα χρησιμοποιείται η ποσότητα  $m|v|$  ή  $mv^2$ . Ο Leibniz πίστευε ότι, μόνο αν περιλάβουμε τις ιδιότητες της ψυχής, της δύναμης και της βούλησης ανάμεσα στις φυσικές ουσίες, μπορούμε να κατανοήσουμε τους τρόπους λειτουργίας της φύσης και της θεϊκής δράσης. Μέλημά του ήταν να διατυπώσει μια ευρεία και απόλυτη αρχή διατήρησης που θα αποτελέσει τη βάση του φιλοσοφικού του συστήματος. Το 1686 έγραψε στο *Discours de Métaphysique*: «Η κίνηση, αν δε θεωρήσουμε σ' αυτήν παρά μόνο ό,τι περιέχει ακριβώς και τυπικά, δηλαδή μία μεταβολή θέσης, δεν είναι κάτι τελείως πραγματικό. Κι όταν πολλά σώματα αλλάζουν θέση μεταξύ τους, δεν είναι γι' αυτά δυνατό να καθορίσουμε μόνο με τη θεώρηση αυτών των μεταβολών, σε ποιο απ' όλα πρέπει να αποδοθεί η κίνηση ή η στάση. Αλλά η δύναμη ή άμεση αιτία αυτών των μεταβολών είναι κάτι πιο πραγματικό και είναι αρκετά βέσιμο να την αποδώσουμε σ' ένα σώμα μάλλον παρά σ' ένα άλλο —μόνο απ' αυτήν μπορούμε επίσης να γνωρίζουμε σε ποιο ανήκει περισσότερο η κίνηση.»<sup>[21]</sup> Ο Leibniz θεωρούσε ότι η δύναμη, όπως την εννοούσε ο ίδιος, είναι εγγενής στην ύλη. Στην πραγματικότητα η δύναμη ήταν γι' αυτόν πιο αληθινή από την ύλη, καθώς η τελευταία δεν είναι παρά ένα φαινόμενο, μια υποκειμενική αίσθηση που διαμορφώνεται στη συνείδηση των μεταφυσικών οντοτήτων από τις οποίες συγκροτείται το σύμπαν κατά Leibniz.

Ο Νεύτωνας δεν είχε άμεσα εμπλακεί σε αυτή την διαμάχη. Πίστευε ότι το γινόμενο της μάζας και του τετραγώνου της ταχύτητας ήταν όντως ένας αριθμός που παρέμενε σταθερός στις ελαστικές κρούσεις, αλλά δε θεωρούσε πως η ποσότητα αυτή είχε κάποια φυσική σημασία. Αυτό που ήταν σημαντικό για το Νεύτωνα ήταν η παρέμβαση του Θεού για να συντηρεί την πορεία του σύμπαντος. Ο Leibniz πίστευε πως η *vis viva* ήταν η δύναμη ενός κινούμενου σώματος. Για το Νεύτωνα όμως δυνάμεις υπήρχαν μόνο μεταξύ των σωμάτων. Και γι' αυτό τον λόγο οι οπαδοί του Νεύτωνα συχνά στο θέμα της *vis viva* υποστήριζαν τους οπαδούς του Καρτέσιου.

Η αρχή διατήρησης της *vis viva*, όπως και η συναφής έννοια της ελάχιστης δράσης, είχαν θεολογικές ρίζες στην ιδέα της οικονομίας και της απλότητας της φύσης. Σε όλη τη διάρκεια του 18ου αιώνα η διαμάχη γύρω από αυτά τα ζητήματα παρέμενε

[21] G.W. Leibniz, *Μεταφυσική Πραγματεία*, μτφρ. Παύλος Καϊμάκης, Θεσσαλονίκη, 1992, σελ. 85.

ενεργή, μολονότι είχαν ήδη αρχίσει να αποκτούν τη μαθηματική τους υπόσταση, μέσω της οποίας αποδεσμεύτηκαν από το θεολογικό τους υπόβαθρο. Ήδη, από τα τέλη της δεύτερης δεκαετίας του 18ου αιώνα, ο Giovanni Poleni (1683–1761) στην Ιταλία και ο Willem 'sGravesande (1688–1742) στην Ολλανδία είχαν επιχειρήσει να μετρήσουν πειραματικά τη *vis viva*. Για το σκοπό αυτό έκαναν πειράματα, στα οποία έριχναν σφαιρίδια διαφορετικών μαζών αλλά ίδιου μεγέθους πάνω σε μαλακό άργιλο. Βρήκαν ότι, για να πάρουν το ίδιο ακριβώς αποτύπωμα πάνω στην επιφάνεια του αργίλου, έπρεπε να ρίξουν τις σφαίρες από ύψη αντιστρόφως ανάλογα των μαζών τους. Από το νόμο της ελεύθερης πτώσης του Γαλιλαίου όμως είναι γνωστό ότι τα ύψη είναι ανάλογα των τετραγώνων των ταχυτήτων που έχουν τα σώματα τη στιγμή της πρόσκρουσης. Κατέληξαν λοιπόν στη μαθηματική διατύπωση  $m_1/m_2 = h_2/h_1$  απ' όπου  $m_1/m_2 = v_2^2/v_1^2$ . Δηλαδή οι δυνάμεις που «έχουν» τα σώματα κατά τη στιγμή της πρόσκρουσης, και οι οποίες προκαλούν τις παραμορφώσεις στην επιφάνεια του αργίλου, είναι της μορφής  $mv^2$ . Ως αποτέλεσμα αυτών των πειραμάτων ο 'sGravesande, ο οποίος θεωρούνταν και ένας από τους σημαντικότερους εκπροσώπους της νευτώνειας φυσικής στην Ευρώπη, διακήρυξε την πίστη του στην αρχή διατήρησης της *vis viva* του Leibniz. Είναι ωστόσο ενδιαφέρον ότι οι συζητήσεις περί της *δράσας δύναμης* συνεχίστηκαν και μετά τα αποφασιστικά πειράματα των Poleni και 'sGravesande, αλλά επίσης και μετά τη μαθηματική απόδειξη εκ μέρους του d'Alembert (1717–1783), το 1752, ότι τόσο η αρχή διατήρησης της καρτεσιανής ποσότητας κίνησης όσο και η αρχή διατήρησης της λειβνίτειας *vis viva* του Leibniz είναι εξίσου έγκυρες. Η οριστική αποδέσμευση από αυτά τα ζητήματα ήρθε στα μέσα του επόμενου αιώνα, όταν η διατήρηση της *vis viva* παραχώρησε τη θέση της στη διατήρηση της ενέργειας κατά τη δεκαετία του 1840–50 και η αρχή της ελάχιστης δράσης έγινε η βάση της αναλυτικής μηχανικής, που έφτασε στην πιο γενική της μορφή με το έργο των William Hamilton (1805–65) και Carl Gustav Jacobi (1804–51) κατά τη δεκαετία του 1830–40.



### Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης

1. Ποιες ήταν ορισμένες από τις διαφορές γύρω από το θέμα της δύναμης το 18ο αιώνα;
2. Ποιες ήταν οι διαφωνίες του Leibniz με τις απόψεις του Καρτέσιου;
3. Τι είναι η vis viva;
4. Πώς τελειώνει η διαμάχη για τη vis viva;

### Δραστηριότητες

1. Μελετήστε την αλληλογραφία μεταξύ Leibniz και Clarke, προσπαθώντας να εντοπίσετε τα σημεία εκείνα που πιθανό να κρύβουν θρησκευτικές τοποθετήσεις.
2. Προσπαθήστε να εντοπίσετε τις διαφορές στις θρησκευτικές απόψεις του Νεύτωνα και του Leibniz. Θεωρείτε ότι οι απόψεις αυτές επηρεάζουν αρκετά τις θεωρίες τους; Θα μπορούσατε να βρείτε και άλλους λόγους που οδήγησαν στη μεταξύ τους διαμάχη όπου τον Νεύτωνα «εκπροσώπισε» ο Clarke;





## Η Ιστορία των Ιδεών Σχετικά με την Κίνηση

*Από όλα τα πνευματικά εμπόδια με τα οποία βρέθηκε αντιμέτωπο το ανθρώπινο πνεύμα και υπερπήδησε μέσα στα τελευταία χίλια πεντακόσια χρόνια, εκείνο που μου φαίνεται το πιο εκπληκτικό σε χαρακτήρα και το πιο καταπληκτικό ως προς την έκταση των συνεπειών του είναι το σχετικό με το πρόβλημα της κίνησης.*

(Butterfield, Η Καταγωγή της Σύγχρονης Επιστήμης, σελ. 14–15)

### Σκοπός

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους έγιναν οι προσπάθειες κατανόησης του φαινομένου της κίνησης. Η ανάδειξη της εσωτερικής συνέπειας της κάθε θεωρίας, η περιγραφή των τρόπων με τους οποίους οι διάφοροι στοχαστές επεξεργάζονταν ή ανέτρεπαν τις προγενέστερες θεωρήσεις, η δημιουργία, χρήση και νομιμοποίηση των νέων εννοιών για την περιγραφή της κίνησης είναι ορισμένοι από τους σκοπούς αυτής της θεματικής ενότητας. Οι συστηματικές επεξεργασίες του Αριστοτέλη για την κίνηση και η πειστική του επιχειρηματολογία για τη μη δυνατότητα ύπαρξης του κενού αποτέλεσαν το πλαίσιο στο οποίο κινήθηκε η προβληματική για το φαινόμενο της κίνησης για περισσότερους από 20 αιώνες. Όπως και σε πολλά άλλα θέματα, έτσι και στο πρόβλημα της κίνησης οι διεργασίες στη διάρκεια του Μεσαίωνα υπήρξαν εξαιρετικά σημαντικές στην αποσαφήνιση πολλών δυσκολιών. Αποφασιστικός για την ενασχόληση των λογίων της Δυτικής Ευρώπης στη διάρκεια του Μεσαίωνα με τα θέματα της κίνησης αποδεικνύεται ότι είναι και ο ρόλος των Αράβων στοχαστών, οι οποίοι μετέφρασαν στα αραβικά έργα αρχαίων Ελλήνων και στη συνέχεια έγραψαν πολλά δικά τους πρωτότυπα έργα. Τέλος, ένας από τους βασικούς σκοπούς του κεφαλαίου είναι να δείξει πως η πλήρης κατανόηση του φαινομένου της κίνησης —που ουσιαστικά επιτυγχάνεται στη διάρκεια τη Επιστημονικής Επανάστασης— είχε περισσότερη σχέση με την αποσαφήνιση διάφορων φιλοσοφικών προβλημάτων και δεν ήταν αποτέλεσμα νέων πειραματικών ανακαλύψεων που οι αρχαίοι ή οι λόγιοι του Μεσαίωνα δεν μπορούσαν να τα είχαν εντοπίσει.

### Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Διαβάζοντας το κεφάλαιο της κίνησης θα είστε σε θέση να:

- αποκτήσετε μία αίσθηση της πορείας του προβληματισμού σχετικά με τις διαφορές θεωρίες της κίνησης, όπως αυτές αναπτύχθηκαν από την αρχαιότητα μέχρι το 17ο αιώνα,
- αντιληφθείτε το ρόλο και τη σημασία των λογικών παραδόξων,

- κατανοήσετε ότι ορισμένες θεωρίες κίνησης ανέτρεπαν αυτές που ίσχυαν, ενώ άλλες προχωρούσαν σε μία βαθύτερη επεξεργασία,
- μάθετε να μελετάτε τις παλιές και «λάθος» θεωρίες, χωρίς να τις αξιολογείτε με βάση τις σημερινές σας γνώσεις
- αντιληφθείτε τον τρόπο που μεταβάλλονται οι έννοιες που περιγράφουν την κίνηση, όπως και κάθε άλλο φυσικό φαινόμενο, από εποχή σε εποχή,
- αναγνωρίσετε τον περιορισμένο ρόλο του πειράματος στη διαμόρφωση των θεωριών κίνησης το πείραμα, αν και λειτουργεί ως μέσο ελέγχου των θεωριών της κίνησης, δεν αποτέλεσε τον κύριο και αποκλειστικό παράγοντα διαμόρφωσής τους,
- κατανοήσετε τις λεπτομέρειες των γεωμετρικών αποδείξεων που οδήγησαν στη διατύπωση του νόμου της ελεύθερης πτώσης.

### Έννοιες κλειδιά

- κίνηση (μεταβολή, φυσική-βίαια, *impretus*, ενώθηση, αδράνεια, ορμή) Αραβες λόγιοι
- εσωτερική αντίσταση • ποιοτική-ποσοτική εξέταση
- κενό • επιτάχυνση
- η έννοια του *mail* που εισάγουν οι • ελεύθερη πτώση

### Εισαγωγικές παρατηρήσεις

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε τις θεωρίες κίνησης, όπως αυτές διατυπώθηκαν από την αρχαιότητα μέχρι το 17ο αιώνα από τους διάφορους στοχαστές. Η περιοδολόγηση που επιλέχτηκε είναι χρονική και το κεφάλαιο χωρίζεται σε τρεις κύριες υποενότητες: Αρχαιότητα, Μεσαίωνας και Επιστημονική Επανάσταση. Ωστόσο η χρονική αυτή περιοδολόγηση συμπίπτει και με ριζικές αλλαγές στη θεώρηση αυτής της έννοιας της κίνησης. Αρχίζοντας από μια σύντομη αναφορά στα πρώτα φιλοσοφικά ρεύματα της αρχαιότητας, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον Αριστοτέλη, του οποίου η θεωρία άσκησε ισχυρή επιρροή μέχρι τις αρχές του 17ου αιώνα. Στην ενότητα του Μεσαίωνα δίνουμε έμφαση στο έργο των Αράβων λογίων. Στην περίοδο της Επιστημονικής Επανάστασης μέσα κυρίως από τα έργα του Γαλιλαίου, του Descartes και του Νεύτωνα τονίζουμε τη ριζική αναμόρφωση των εννοιών για την κίνηση σε σχέση με αυτές της αρχαιότητας.

## Εισαγωγή

Η έννοια της κίνησης αποτελεί μία από τις ελάχιστες έννοιες που παρέμεινε κυρίαρχη για τόσο μεγάλο διάστημα στον προβληματισμό για την κατανόηση της φύσης. Βρίσκουμε αναφορές ακόμη και στα πρώτα κείμενα που επιχειρούν μια συστηματική αλλά και αφαιρετική θεώρηση του κόσμου. Όταν μιλάμε για την κίνηση, μιλάμε για την κατανόηση ενός φαινομένου που σχετίζεται με τη μετατόπιση ενός σώματος από ένα σημείο του χώρου σε ένα άλλο στη διάρκεια ενός πεπερασμένου χρονικού διαστήματος. Είναι ενδιαφέρον πως το «απλό» φαινόμενο της μετακίνησης ενός σώματος από ένα σημείο σε ένα διαφορετικό σημείο αποτέλεσε ένα γρίφο, για τον οποίο συνέχισαν να δίνονται λύσεις ακόμη και έως τον 20ο αιώνα. Η ειδική θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν, διατυπωμένη το 1905, ανέτρεψε ουσιαστικά πολλά από τα στοιχεία της απάντησης στο πρόβλημα της κίνησης, που θεωρούσαμε πως είχε «τελειωτικά» δοθεί μετά την *Principia*... του Νεύτωνα. Το «απλό» αυτό φαινόμενο εμπεριέχει βέβαια ορισμένες από τις πιο βασικές έννοιες και διαδικασίες που υπάρχουν στη φυσική: το χώρο, το χρόνο και τη μέτρηση των χωρικών και χρονικών αποστάσεων.

Ανάμεσα στις πολλαπλές δυνατότητες που μας δίνονται για την προσέγγιση ενός προβλήματος με τόσο μεγάλη ιστορική διάρκεια, ας ξεχωρίσουμε τέσσερα θέματα που θα πρέπει να έχουμε υπόψη. Το πρώτο έχει να κάνει με το ρόλο του πειράματος στην πορεία αποσαφήνισης των εννοιών σχετικά με την κίνηση. Το ιδιαίτερα ενδιαφέρον στοιχείο είναι πως πάρα πολλά από τα στοιχεία που μας οδήγησαν στις αποσαφηνίσεις του προβλήματος της κίνησης ήταν, τελικά, αποτέλεσμα διανοητικών διεργασιών και δεν ήταν αποτέλεσμα πειραμάτων, τα οποία δεν μπορούσαν να ερμηνευτούν. Οι λογής μετρήσεις αποτέλεσαν βέβαια το αναγκαίο συμπληρωματικό στοιχείο της θεωρητικής συζήτησης για την κίνηση, αλλά δεν ήταν η αφορμή για να εντοπιστούν και να αντιμετωπιστούν τα διάφορα προβλήματα σχετικά με την κίνηση. Το δεύτερο θέμα σχετίζεται με την κοσμολογία και αναδεικνύει την πολύπλοκη σχέση της ιστορίας της κίνησης με την ιστορία της αστρονομίας: για να είναι πειστική η ηλιοκεντρική θεωρία του Κοπέρνικου, έπρεπε να υπάρχει μία πειστική θεωρία για την κίνηση και άρα οι εξελίξεις σχετικά με το πρόβλημα της κίνησης είχαν άμεσες επιπτώσεις και στην επίλυση των θεμάτων σχετικά με το νέο κοσμολογικό πρότυπο. Το τρίτο θέμα έχει να κάνει με τη σχέση του φιλοσοφικού προβληματισμού και των περιορισμών που έθετε η χριστιανική θεολογία στη συζήτηση αυτών των θεμάτων, από το Μεσαίωνα έως τις αρχές του 18ου αιώνα. Το τέταρτο θέμα που πρέπει να μας προβληματίσει είναι ο συσχετισμός ανάμεσα στις γενικότερες πολιτιστικές και θρησκευτικές απόψεις των Αράβων λογίων και στις ιδέες τους για την κίνηση. Συναφές

είναι και το θέμα, που όμως δε θα μας απασχολήσει, δηλαδή οι απόψεις λογίων από άλλους πολιτισμούς —όπως είναι οι Κινέζοι, οι Ινδοί αλλά και οι Βαβυλώνιοι— σχετικά με το πρόβλημα της κίνησης.

Με την κίνηση, τέλος, είναι ταυτισμένα ορισμένα από τα πιο γνωστά «παράδοξα» ή έστω μη αναμενόμενες καταστάσεις στην ιστορία της επιστήμης: Τα παράδοξα του Ζήνωνα, η ανυπαρξία του κενού με βάση μονάχα τα λογικά επιχειρήματα του Αριστοτέλη, η πρόταση του Φιλόπονου για την ορμή ώστε να γίνει δυνατή η ύπαρξη του κενού, η έννοια της εσωτερικής αντίστασης από του Άραβες λογίους, ο συσχετισμός της ομαλής και επιταχυνόμενης κίνησης από τον Oresme, οι απόψεις του Καρτέσιου για τις δίνες αλλά και για τη διατήρηση της κίνησης, η διατύπωση του νόμου της ελεύθερης πτώσης από το Γαλιλαίο και τα πειράματά του με τα κεκλιμένα επίπεδα, τα νοητικά πειράματα του Γαλιλαίου, ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα και η έννοια της αδράνειας, η πρόταση του Leibniz για την «απορρόφηση» της ζώσας δύναμης από τα άτομα, η μετακίνηση των αβαρών ρευστών που ερμηνεύαν τη μεταφορά θερμότητας και ηλεκτρισμού, η εντροπία του Clausius, ο δαίμονας του Maxwell, οι κινήσεις των ηλεκτρικών και μαγνητικών σωμάτων και η δημιουργία της επαγωγής, η συστολή του μήκους και η διαστολή του χρόνου στην ειδική θεωρία της σχετικότητας, η ύπαρξη μέγιστης ταχύτητας, η μεταβολή της κινούμενης μάζας, η κίνηση των ηλεκτρονίων στις ατομικές τροχιές, η «μετακίνησή» τους από μία τροχιά σε άλλη και η κίνηση των σωμάτων στη γενική θεωρία της σχετικότητας αποτελούν ένα δείγμα του τεράστιου φάσματος των εννοιών που συγκρότησαν ιστορικά την έννοια της κίνησης.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα επιχειρήσουμε την αφήγηση των σημαντικότερων «στιγμών» στην ιστορία της εξέλιξης των εννοιών γύρω από την κίνηση μέχρι την *Principia...* του Νεύτωνα.

### 3.1 Οι πρώτες έννοιες για την κίνηση

Ήδη στις πρώτες απόπειρες που γίνονται από τους Έλληνες (7ος – 6ος π.χ. αι.) για να καταστήσουν τον κόσμο εξηγήσιμο και προβλέψιμο και να αποδείξουν ότι πρόκειται για έναν πολύπλοκο μηχανισμό, που διέπεται όμως από συγκεκριμένες αρχές οι οποίες οδηγούν στις παρατηρούμενες κανονικότητες, χαρακτηριστική είναι η αναζήτηση της πρώτης, αιώνιας και άφθαρτης ύλης από την οποία προέρχεται ο κόσμος και η οποία αποτελεί τη βάση στην οποία στηρίζεται η φαινομενική πολλαπλότητά του. Η κίνηση αναφέρεται, σ' αυτές τις πρώτες απόπειρες κατανόησης της φύσης, ως εγγενής ιδιότητα της γενεσιουργού ύλης, που ήταν για το Θαλή το νερό, για τον Αναξίμανδρο το «άπειρον» και για τον Αναξίμενη ο αέρας.

Ο Παρμενίδης –που γεννήθηκε στην Ελέα της Κάτω Ιταλίας και θεωρείται ο ιδρυ-

τής της Ελεατικής Σχολής και άκμασε γύρω στο 480 π.Χ. — ανέπτυξε έναν τρόπο σκέψης όπου ο κόσμος συλλαμβάνεται μόνο με τη νόηση, απορρίπτοντας το ρόλο των αισθήσεων ως παραπλανητικό. Προσπάθησε να δείξει ότι η μεταβολή και η κίνηση είναι αδύνατες και ότι στην πραγματικότητα ο κόσμος είναι μια ακίνητη και αμετάβλητη μάζα από ομοειδή ουσία.

Ο κόσμος του Παρμενίδη ήταν τελείως διαφορετικός από τον κόσμο των αισθήσεων και επιχειρηματολόγησε πως οι αισθήσεις είναι αυτές που προκαλούν την εντύπωση της πολλαπλότητας και της ποικιλίας των φαινομένων. Αυτό που υπάρχει είναι ένα και μοναδικό πράγμα: το Εν, δηλαδή το Ον, σε αντιδιαστολή από το μη-Ον. Το τελευταίο λογικά δεν υφίσταται, συνεπώς το μόνο που υπάρχει είναι το Εν. Σε καμία περιοχή του χρόνου ή του χώρου δεν μπορεί να μη βρίσκεται το Εν, γιατί είναι το μόνο που υπάρχει και δεν μπορεί ποτέ να εμφανιστεί το αντίθετό του, δηλαδή το μη Ον. Το Εν λοιπόν είναι ακίνητο, αμετάβλητο, συνεχές και αδιαίρετο, ομογενές και συμπαγές σαν μια τέλεια σφαίρα. Είναι πανταχού παρόν και αιώνιο.

Η αδυναμία της κίνησης δικαιολογείται αρχικά με την ανυπαρξία του κενού χώρου, ο οποίος ταυτίζεται με το μη-Ον. Πράγματι, το Εν από τη στιγμή που καταλαμβάνει τα πάντα, δεν μπορεί να κινηθεί, δεδομένου ότι η κίνηση προϋποθέτει την ύπαρξη κενού χώρου, ο οποίος ωστόσο στο Παρμενίδειο σύστημα δεν υφίσταται. Μια δεύτερη δικαιολόγηση της ανυπαρξίας της κίνησης έγκειται στη σημασία που δόθηκε από τον Παρμενίδη στη λέξη «είναι». Για τον Παρμενίδη το να πεις ότι κάτι «είναι» έπρεπε να σημαίνει μόνο ότι αυτό το κάτι υπάρχει. Μεταβάλλομαι σημαίνει ότι γίνομαι κάτι που δεν είμαι. Δεν μπορεί δηλαδή να υποστηριχτεί ότι η μεταβολή και η κίνηση είναι δυνατές, γιατί κάτι τέτοιο θα οδηγούσε στην αντίφαση πως ό,τι υπάρχει μεταβάλλεται σε ό,τι δεν υπάρχει ή μεταβαίνει εκεί που δεν υπάρχει τίποτα. Είναι α-νόητος ο ισχυρισμός πως ό,τι δεν υπάρχει υπάρχει. Το μόνο που μένει λοιπόν, στο κατεξοχήν μονιστικό Παρμενίδειο σύστημα, είναι η αμετάβλητη, ακίνητη ομοειδής ουσία, το Εν.

Η παράδοση του Παρμενίδη έμελλε να επηρεάσει πολλούς μεταγενέστερους του, ένας από τους οποίους ήταν ο μαθητής του ο Ζήνωνας. Ο Ζήνωνας γεννήθηκε το 495 π.Χ. στην Ελέα της Κάτω Ιταλίας και πέθανε το 430 π.Χ. Ανέλυσε τις θέσεις του δασκάλου του για την ανυπαρξία των πολλών όντων αλλά και της κίνησης. Για την ανυπαρξία της τελευταίας ειδικότερα διατύπωσε μια σειρά από παράδοξα, τέσσερα στον αριθμό, για τα οποία έγινε και ιδιαίτερα γνωστός. Πολλοί θεωρούν πως ο Αριστοτέλης διατύπωσε τη δική του θεωρία κίνησης και μέσα από την αντίκρουση αυτών των παραδόξων.

Το πρώτο παράδοξο στηρίζεται στην παραδοχή ότι ο χώρος είναι κάτι το άπειρα διαίρετο. Ότι δηλαδή μια απόσταση ή ένα διάστημα χωρίζεται σε άπειρα μισά. Έτσι υπο-

στηρίζει ότι, για να πάει κάποιος από το σημείο A στο σημείο B, πρέπει πρώτα να φτάσει στο μισό της διαδρομής. Αλλά, για να φτάσει στα μισά της απόστασης που θέλει να διανύσει, πρέπει πρώτα να φτάσει στα μισά του μισού και ούτω καθεξής. Με λίγα λόγια υποστηρίζει ότι πρέπει συνέχεια κάποιος να φτάνει στα μισά του κάθε μισού, μια διαδικασία που αφορά άπειρα μισά. Για το Ζήνωνα είναι άτοπο να πιστεύει κανείς ότι μπορεί να περάσει από άπειρα μισά, δηλαδή από άπειρα σημεία, σε πεπερασμένο όμως χρόνο. Το παράδοξο αυτό επικρίνει ο Αριστοτέλης, επισημαίνοντας ότι η έννοια του απείρου έχει δύο σημασίες: το ότι κάτι είναι άπειρο σε διαιρεσιμότητα δε σημαίνει ότι είναι άπειρο και σε έκταση.

Το δεύτερο παράδοξο περιγράφεται και αυτό με βάση την παραπάνω παραδοχή περί άπειρης διαιρετότητας του χώρου. Είναι το γνωστό παράδοξο με τη χελώνα και τον Αχιλλέα. Στο σημείο εκκίνησης για μια διαδρομή βρίσκεται η χελώνα και ο Αχιλλέας. Γνωρίζοντας τη μικρή ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει η χελώνα σε αντίθεση με τον ίδιο τον Αχιλλέα, αποφασίζει ο τελευταίος να φανεί γενναϊόδωρος και να δώσει στη χελώνα ένα προβάδισμα, προτού ο ίδιος ξεκινήσει. Αν προσπαθήσει κατόπιν ο Αχιλλέας να φτάσει τη χελώνα, θα καταλάβει, όπως υποστηρίζει ο Ζήνωνας, ότι κάτι τέτοιο είναι αδύνατο. Ο λόγος είναι απλός για το Ζήνωνα. Όταν ο Αχιλλέας βρίσκεται στην εκκίνηση, η χελώνα θα κατευθύνεται στο σημείο A που είναι προσυμφωνημένο. Όταν θα έχει φτάσει στο σημείο A, ο Αχιλλέας θα ξεκινά για να τη φτάσει. Για να συμβεί όμως αυτό, θα πρέπει πρώτα να φτάσει στο σημείο A. Όταν θα φτάσει σε αυτό, θα έχει περάσει ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα στο οποίο η χελώνα θα έχει πάει λίγο πιο πέρα, στο σημείο B. Για να τη φτάσει πάλι, θα πρέπει να φτάσει στο σημείο B, στο οποίο φτάνει μέσα σε τόσο χρονικό διάστημα όσο χρειάζεται για να μετακινηθεί η χελώνα λίγο πιο πέρα. Αυτό θα συμβαίνει επ' άπειρο κατά το Ζήνωνα, γι' αυτό και ο Αχιλλέας δε θα φτάσει ποτέ τη χελώνα. Η απάντηση του Αριστοτέλη είναι ακριβώς η ίδια με αυτή που έδωσε στο πρώτο παράδοξο, με τη διαφορά ότι στο πρώτο παράδοξο το διάστημα χωριζόταν στη μέση, ενώ εδώ έχουμε διαίρεση ανάλογα με τις σχετικές ταχύτητες των δρομέων.

Στο τρίτο παράδοξο ο Ζήνωνας δέχεται ως δεδομένο ότι ο χώρος και ο χρόνος αποτελούνται από αδιαίρετες στιγμές, δηλαδή από πολλά «τώρα». Υποστηρίζει επίσης ότι κάτι που βρίσκεται κάπου δεν μπορεί και να μη βρίσκεται εκεί ή δεν μπορεί να βρίσκεται ταυτόχρονα και κάπου αλλού. Έτσι ένα βέλος που πετά στην ουσία στέκει γιατί, αν ρωτήσουμε πού βρίσκεται «τώρα» το βέλος, σε αυτή τη συγκεκριμένη αδιαίρετη χρονική στιγμή, τότε δεν μπορούμε να πούμε, σύμφωνα με τα παραπάνω, ότι βρίσκεται στο σημείο A αλλά και (αφού κινείται) στο διπλανό του, το σημείο B. Το βέλος βρίσκεται σε ένα συγκεκριμένο σημείο στο χώρο τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή που



εξετάζουμε και σε αυτό το σημείο είναι ακίνητο. Άρα, η πορεία του βέλους συντίθεται από στάσιμα χωρικά στιγμιότυπα και δεν αποτελεί γι'αυτό το λόγο κίνηση. Ο Αριστοτέλης αρνείται να δεχτεί ότι ο χρόνος συντίθεται από ξεχωριστές στιγμές. Στα «Φυσικά» αναφέρει ότι είναι χωρίς νόημα να μιλάει κανείς είτε για κίνηση είτε για ηρεμία ως ένα παρόν. Το να εξετάζεται το βέλος σε μία συγκεκριμένη στιγμή θεωρείται μια νοητική κατασκευή και σε καμία περίπτωση δεν αντανακλά την πραγματικότητα.

Το τελευταίο παράδοξο αφορά στην κίνηση μεταξύ δύο σωμάτων και με αυτό ο Ζήνωνας επιχειρεί να αποδείξει ότι η κίνηση δεν αποτελεί απόλυτο, αλλά σχετικό ως προς κάτι άλλο φαινόμενο. Η κίνηση είναι για το Ζήωνα μια σχέση φαινομένων, μια σειρά σχέσεων προς μια σταθερή αφετηρία. Αν λοιπόν βρίσκονται σε ένα στάδιο τα ισομεγέθη σώματα ΑΑΑΑ, ΒΒΒΒ και ΓΓΓΓ και το πρώτο παραμένει στάσιμο ενώ τα υπόλοιπα κινούνται αντίθετα από τις δύο άκρες του σταδίου, τότε η θέση τους φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

					A	A	A	A						
B	B	B	B											
										Γ	Γ	Γ	Γ	

Αν στη συνέχεια το ΑΑΑΑ παραμείνει στη θέση του ενώ το ΒΒΒΒ κινηθεί από τα αριστερά προς τα δεξιά με σταθερή ταχύτητα και το ΓΓΓΓ με τον ίδιο τρόπο από την αντίθετη κατεύθυνση, τότε η θέση τους θα έχει ως εξής:

					A	A	A	A						
		B	B	B	B									
							Γ	Γ	Γ	Γ				

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται ότι το BBBB αλλά και το ΓΓΓΓ έχουν κινηθεί με την ίδια ταχύτητα και στον ίδιο χρόνο 2A. Αν αμέσως μετά κινηθούν λίγο ακόμη διατηρώντας την ταχύτητά τους, το καθένα προς αντίθετες κατευθύνσεις, τότε το σχήμα θα έχει ως εξής:

				A	A	A	A							
				B	B	B	B							
				Γ	Γ	Γ	Γ							

Εδώ φαίνεται ότι το BBBB έχει κινηθεί σε σχέση με το σταθερό AAAA σε χρόνο 4A. Αν όμως μετρηθεί ο χρόνος σε σχέση με το ΓΓΓΓ, τότε φαίνεται να είναι 8A. Το ίδιο προφανώς παρατηρείται και με το ΓΓΓΓ. Αυτό σημαίνει ότι η μετάβαση από το ένα σημείο στο άλλο δε θα μπορεί να αντιστοιχεί σε καθορισμένο χρόνο και πως η κίνηση προσδιορίζεται μόνο σε σχέση με μία σταθερή αφετηρία.

Με τα παραπάνω παράδοξα ο Ζήνωνας θέλησε να δείξει ότι η κίνηση, αν υφίστατο ως «πραγματικό φαινόμενο», θα δημιουργούσε πολλά προβλήματα, τα οποία όμως δεν παρατηρούνται, καταλήγοντας έτσι ότι η απόλυτη κίνηση είναι αδύνατη. Ο Αριστοτέλης ενάντια στο παράδοξο αυτό υποστήριξε ότι αγνοείται το γεγονός ότι το σώμα AAAA, ηρεμεί ενώ τα σώματα BBBB και ΓΓΓΓ κινούνται.

Μια άλλη σημαντική φυσιογνωμία της αρχαιότητας, που επιχειρήσε να απαντήσει στο ερώτημα για τη δυνατότητα ή μη του φαινομένου της κίνησης, ήταν ο Εμπεδοκλής, μαθητής και αυτός του Παρμενίδη. Ο Εμπεδοκλής γεννήθηκε στον Ακράγαντα της Κάτω Ιταλίας κατά το 490 π.Χ. και πέθανε το 430 π.Χ. Υπήρξε μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα προσωπικότητα, καθώς υπερασπίστηκε το θεσμό της Δημοκρατίας, ασχολήθηκε με τη φιλοσοφία, τη ρητορική και την ιατρική, και πολλοί σύγχρονοι του πίστευαν πως είχε μαντικές ικανότητες. Οι απόψεις που διατύπωσε σε ορισμένα σημεία συμφωνούσαν με αυτές του δασκάλου του, Παρμενίδη, αλλά σε πολλά ήταν διαφορετικές. Ενώ δηλαδή δέχεται, όπως και ο δάσκαλος του, ο Παρμενίδης, ότι η αξιοπιστία των αισθήσεων είναι ανύπαρκτη και ότι στην πραγματικότητα τίποτα δε γεννιέται ούτε πεθαίνει, απορρίπτει το ενιαίο της φύσης του κόσμου, που είχε προτείνει ο δάσκαλός του, και υποστηρίζει ότι τα πάντα είναι μείγ-

ματα τεσσάρων στοιχείων (των τεσσάρων ριζωμάτων): της φωτιάς, της γης, του αέρα και του νερού, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στην αναλογία.

Ο Εμπεδοκλής διαφωνεί επίσης με τον Παρμενίδα στο θέμα της κίνησης. Υποστηρίζει ότι η κίνηση είναι δυνατή, αφού παραδέχεται την ύπαρξη του κενού χώρου. Φαντάζεται όμως την κίνηση στο χώρο όπως την κίνηση του ψαριού. Καθώς το ψάρι προχωρά στο νερό, το τμήμα που αφήνει πίσω του μένει κενό. Το νερό τότε από τα πλάγια έρχεται να συμπληρώσει το κενό δίνοντας ώθηση στο ψάρι να κινηθεί. Επιθυμεί τέλος να αντικρούσει την αντίληψη των Ιώνων φυσικών φιλοσόφων, οι οποίοι δεν αναγνώριζαν αιτίες για την κίνηση αλλά τη θεωρούσαν εγγενή ιδιότητα της ύλης, υποστηρίζοντας ότι δύο δυνάμεις, η «Φιλότητα» και το «Νείκος», είναι κατά βάση οι αιτίες που προκαλούν οποιαδήποτε κίνηση. Η «Φιλότητα» είναι η δύναμη που φέρνει κοντά και ενώνει ανόμοια στοιχεία, για να προκύψουν από την ένωση αυτή τα σύνθετα σώματα. Το «Νείκος» αντίθετα είναι η αιτία που στοιχεία του ίδιου είδους προσπαθούν να αποδεσμευτούν από τα σώματα στα οποία ανήκουν για να ενωθούν με άλλα του ίδιου είδους.

### 3.1.1 Η έννοια της κίνησης στον Αριστοτέλη

Ο Αριστοτέλης (384–322 π.Χ.) υπήρξε ένας από τους φιλοσόφους της αρχαιότητας του οποίου η επιρροή δεν περιορίστηκε μόνο στην εποχή του αλλά διατηρήθηκε σθεναρή και πολλές φορές αδιαμφισβήτητη μέχρι περίπου το 17ο αιώνα. Η οριστική κατάλυση του τρόπου θέασης της φύσης που είχε διαμορφώσει ο αριστοτελισμός ολοκληρώθηκε στη διάρκεια της περιόδου που συνήθως αποκαλείται Επιστημονική Επανάσταση.

Η θεωρία της κίνησης του Αριστοτέλη βασίζεται σε πολλές νέες έννοιες. Δύο από αυτές είναι η φύση πραγμάτων και η αιτιότητα. Κάθε φυσικό αντικείμενο έχει στη φύση του τη μεταβολή και την κίνηση ως ένα είδος ιδιοτήτων τις οποίες και αναπτύσσει όταν δεν παρεμποδίζεται από εξωτερικούς παράγοντες. Το ότι ο σπόρος γίνεται δέντρο οφείλεται στο γεγονός ότι είναι στη φύση του σπόρου να μεταβληθεί σε δέντρο, ότι σκοπός της φύσης του σπόρου είναι η μεταβολή του σε δέντρο. Η κατανόηση κάθε μεταβολής, εκτός από τη γνώση της φύσης ενός αντικειμένου, απαιτεί και τη γνώση των αιτίων, των εξηγητικών παραγόντων που την προκαλούν. Υπάρχουν τέσσερα τέτοια αίτια:

1. Το ειδικό, που σχετίζεται με τη μορφή.
2. Το υλικό, που σχετίζεται με την ύλη.
3. Το ποιητικό, που είναι υπεύθυνο για τη μεταβολή.
4. Το τελικό, που εκφράζει το σκοπό της μεταβολής.

Για να αναφερθούμε στο ειδικό θέμα της κίνησης, όπως αυτή συναντάται και εξετάζεται στον Αριστοτέλη, θα πρέπει πρώτα να αναφερθούμε σύντομα στην κοσμολογία του. Το σύμπαν, κατά τον Αριστοτέλη, δεν προήλθε από το μηδέν, η ύπαρξη μιας αρχής του δεν είναι δυνατή, οπότε συμπεραίνουμε ότι είναι αιώνιο. Αποτελεί μια τεράστια σφαίρα η οποία χωρίζεται σε δύο κύριες περιοχές με ενδιάμεσο στοιχείο στη σελήνη. Η γήινη ή υποσελήνια περιοχή χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη γένεσης, φθοράς και μεταβολών, ενώ η ουράνια περιοχή είναι η περιοχή των αιώνιων και αμετάβλητων κύκλων. Η παρουσία αυτών των αιώνιων και αμετάβλητων κυκλικών κινήσεων αποδεικνύει ότι η σύσταση των ουρανών διαφέρει από αυτή της γήινης περιοχής, στην οποία παρατηρούνται μόνο ευθύγραμμες κινήσεις με κατεύθυνση προς τα πάνω ή προς τα κάτω. Οι ουρανοί αποτελούνται από το πέμπτο στοιχείο, τον αιθέρα. Αντιθέτως, η υποσελήνια περιοχή αποτελείται από τα τέσσερα στοιχεία που είχε προτείνει ο Εμπεδοκλής και είχαν επίσης γίνει δεκτά από τον Πλάτωνα —τη γη, τον αέρα, τη φωτιά και το νερό. Τα τέσσερα αυτά στοιχεία «προκύπτουν» από τέσσερις ιδιότητες (θερμό, υγρό, ψυχρό, ξηρό), που σχηματίζουν τέσσερα αντιθετικά ζεύγη. Τη διαδικασία αυτή μπορούμε να την παραστήσουμε με το ακόλουθο σχήμα:

Ψυχρό+ξηρό=γη, ψυχρό+υγρό=νερό, θερμό+υγρό=αέρας, θερμό+ξηρό=φωτιά.

Τα συστατικά στοιχεία του κόσμου τον γεμίζουν με πληρότητα, έτσι ώστε να αποκλείεται ο κενός χώρος. Η έννοια του κενού και η επιχειρηματολογία του Αριστοτέλη για τη μη δυνατότητα ύπαρξης του κενού επηρέασαν για πολλούς αιώνες την προβληματική γύρω από την κίνηση και θα μας απασχολήσει ιδιαίτερα καθώς συνδέεται άμεσα με τη δυνατότητα της κίνησης. Την έννοια αυτή ο Αριστοτέλης πραγματεύεται στο Δ' βιβλίο των *Φυσικών*. Η πραγμάτευση του θέματος χωρίζεται σε τέσσερις παραγράφους. Αρχικά αναφέρεται στις σχετικές με το κενό αντιλήψεις των παλαιότερων φιλοσόφων. Το κενό το εννοούσαν ως ένα άδειο δοχείο ή τόπο, στον οποίο δεν υπάρχει κανένα σώμα. Την ύπαρξή του μπορούσαν να συμπεράνουν από τις ακόλουθες αιτίες:

- από την ύπαρξη της κίνησης,
- από τη δυνατότητα συμπίεσης,
- από την κατ' αφομοίωση αύξηση (για παράδειγμα, κάθε σώμα που αναπτύσσεται έχει ανάγκη κάποιο κενό χώρο, προκειμένου να λάβει χώρα η αύξηση του μεγέθους του. Δύο σώματα λοιπόν δεν μπορούν να καταλαμβάνουν τον ίδιο τόπο).

Ο Αριστοτέλης ανασκευάζει τα επιχειρήματα που αναγνωρίζουν την ύπαρξη του κενού και επεξεργάζεται τα δικά του επιχειρήματα:

- Η κίνηση των στοιχείων είναι εγγεγραμμένη στη φύση τους
- Το κενό είναι μη διαιρέσιμο
- Στο κενό είναι αδύνατη οποιαδήποτε κίνηση, γιατί αυτή απαιτεί την ύπαρξη διακρίσεων, προκειμένου να καθοριστεί κάθε φορά η κατεύθυνση του σώματος που κινείται
- Κάθε σύγκριση ταχυτήτων στο κενό είναι αδύνατη

Κατά τον Αριστοτέλη θα πρέπει πάντα να υπάρχει ένας αριθμητικός λόγος μεταξύ δύο οποιωνδήποτε κινήσεων (που να μετρείται με χρονικά διαστήματα). Οι κινήσεις βέβαια πραγματοποιούνται σε μέσα που έχουν συγκεκριμένες πυκνότητες. Αν μετρήσουμε τη χρονική διαφορά με βάση τη διαφορά πυκνοτήτων των δύο μέσων, τότε ο λόγος των χρόνων θα ισούται με το λόγο των πυκνοτήτων. Στο κενό όμως δεν υπάρχει πυκνότητα, οπότε η δημιουργία λόγων είναι αδύνατη. Με άλλο τρόπο θα μπορούσαμε να πούμε ότι, εξαιτίας της έλλειψης της αντίστασης που περιορίζει την ταχύτητα ενός κινούμενου σώματος, το σώμα θα κινείται με άπειρη ταχύτητα, δηλαδή θα μπορεί την ίδια στιγμή να βρίσκεται σε δύο διαφορετικά μέρη —κάτι βέβαια που είναι αδύνατο.

Κάθε στοιχείο στην κοσμολογία του Αριστοτέλη, εκτός από τις θεμελιώδεις ιδιότητες (θερμότητα, ψυχρότητα κτλ.), διαθέτει και άλλες δύο: την ελαφρότητα και τη βαρύτητα. Έτσι η γη και το νερό είναι βαριά, ο αέρας και η φωτιά ελαφρά. Επειδή η γη και το νερό είναι βαριά, είναι στη φύση τους να κατευθύνονται προς το κέντρο του σύμπαντος (προς τα κάτω), ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τον αέρα και τη φωτιά.

Γνωρίζοντας τώρα τις δύο αυτές επιπλέον ιδιότητες που έχουν τα στοιχεία, διαθέτουμε το εννοιολογικό υπόβαθρο για να εξετάσουμε τη φυσική της κίνησης. Η αριστοτελική θεωρία της κίνησης βασίζεται σε δύο θεμελιώδεις αρχές. Η πρώτη μάς πληροφορεί ότι υπάρχουν δύο είδη κίνησης, η φυσική και η βίαιη κίνηση —η κατά φύσιν και η παρά φύσιν κινήσεις. Η δεύτερη αναφέρει ότι η κίνηση δεν είναι ποτέ αυθόρμητη, πρέπει δηλαδή να υπάρχει συνεχής επίδραση ενός κινούντος επί του κινούμενου σώματος. Η βίαιη κίνηση εμφανίζεται με την επενέργεια κάποιας εξωτερικής δύναμης, που εναντιώνεται στη φυσική τάση του σώματος να καταλάβει το φυσικό του τόπο. Το κινούν δηλαδή, στην περίπτωση της φυσικής κίνησης, είναι η εσωτερική τάση του σώματος να επιστρέψει στη φυσική του θέση, όπως αυτή καθορίζεται από τη διάταξη των στοιχείων που εξετάσαμε παραπάνω. Η φυσική κίνηση που πραγματοποιούν τα τέσσερα στοιχεία βασίζεται στις ιδιότητες της ελαφρότητας και της βαρύτητας που τα χαρακτηρίζουν. Αντίστοιχα, η φυσική κίνηση των μη στοιχειακών σωμάτων που συναντιούνται στη φύση καθορίζεται από τις αναλογίες σύν-

θεσής τους από τα τέσσερα στοιχεία. Όταν το κινούμενο σώμα φτάσει στο φυσικό του τόπο, τότε ηρεμεί, καθώς δε συντρέχει κανένας άλλος λόγος για να συνεχίσει την κίνηση. Το κινούν στη βίαια ή εξαναγκασμένη κίνηση είναι κάποια εξωτερική δύναμη, η οποία υποχρεώνει το σώμα να κινηθεί αντίθετα από τη φυσική του τάση, δηλαδή προς μια διεύθυνση διαφορετική από αυτή που καθορίζει ο φυσικός του τόπος. Το σώμα ηρεμεί, όταν σταματάει η επενέργεια της εξωτερικής δύναμης.

Η δικαιολόγηση της βίαιης κίνησης μαζί με την πρώτη αρχή που θέσαμε, ότι δηλαδή πρέπει να υπάρχει συνεχής επίδραση ενός κινούντος επί του κινούμενου σώματος, εγείρει ορισμένα ερωτήματα σχετικά με διάφορες εφαρμογές της. Το γνωστότερο ερώτημα σχετίζεται με την οριζόντια εκτόξευση ενός βλήματος, το οποίο προφανώς εκτελεί εξαναγκασμένη κίνηση, χωρίς όμως να σταματά αμέσως μόλις χάσει την επαφή του με αυτό που το εκτόξευσε. Ο Αριστοτέλης θα εισαγάγει ένα νέο στοιχείο που συντελεί στην κίνηση, αυτό του εξωτερικού μέσου στο οποίο λαμβάνει χώρα η κίνηση, προκειμένου να εξηγήσει την κίνηση του βλήματος. Με την εκτόξευση του βλήματος, η δύναμη που ασκείται επιδρά επίσης και στο εξωτερικό μέσο, το οποίο με τη σειρά του τη μεταδίδει στο βλήμα. Η διαδοχική μετάδοση της δύναμης επιτρέπει στο βλήμα να βρίσκεται πάντα σε επαφή με κάτι ικανό να διατηρήσει την κίνησή του.

Εκτός όμως και από την κινητήρια δύναμη, υπάρχει ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει τη φυσική κίνηση. Αυτός είναι η ύπαρξη της αντίστασης, δύναμης αντίθετης της κινητήριας, που παρεμποδίζει την κίνηση. Η ταχύτητα ενός σώματος θα πρέπει να καθορίζεται και από τις δύο αυτές παραμέτρους. Η σχέση μεταξύ κινητήριας δύναμης, αντίστασης και ταχύτητας φαίνεται με δύο παραδείγματα που δίνει ο ίδιος ο Αριστοτέλης στα *Φυσικά*. Αυτά είναι τα εξής: Έστω δύο σώματα διαφορετικού βάρους. Τα χρονικά διαστήματα που απαιτούνται για να καλυφτεί μια δεδομένη απόσταση  $X$  είναι αντιστρόφως ανάλογα των βαρών (το σώμα που έχει το μεγαλύτερο βάρος θα διανύσει σε μικρότερο χρονικό διάστημα την απόσταση  $X$ ). Έστω δύο σώματα του ίδιου βάρους που κινούνται μέσα με διαφορετικές πυκνότητες. Τα χρονικά διαστήματα που απαιτούνται για να διανυθεί μια δεδομένη απόσταση  $X$  είναι ανάλογα με τις πυκνότητες των αντίστοιχων μέσων (όσο δηλαδή μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα του μέσου τόσο πιο αργά κινείται το σώμα).

Πίσω από τη φυσική της έκφραση, η αριστοτέλεια κίνηση κρύβει ένα μεταφυσικό υπόβαθρο. Η κίνηση αποτελεί ένδειξη αλλαγής και μεταβολής, πράγμα που για τον Αριστοτέλη αποτελεί απόδειξη ατέλειας, καθώς καθετί που μεταβάλλεται μεταβάλλεται προκειμένου να φτάσει στην τελειώσή του. Τα κινούμενα σώματα πραγματώνουν τα εν δυνάμει γνωρίσματά τους σε έναν κόσμο που διέπεται από τη «θέληση» ενός «κινούντος ακινήτου» κατά τον Αριστοτέλη. Η τάξη που επικρατεί στον κόσμο

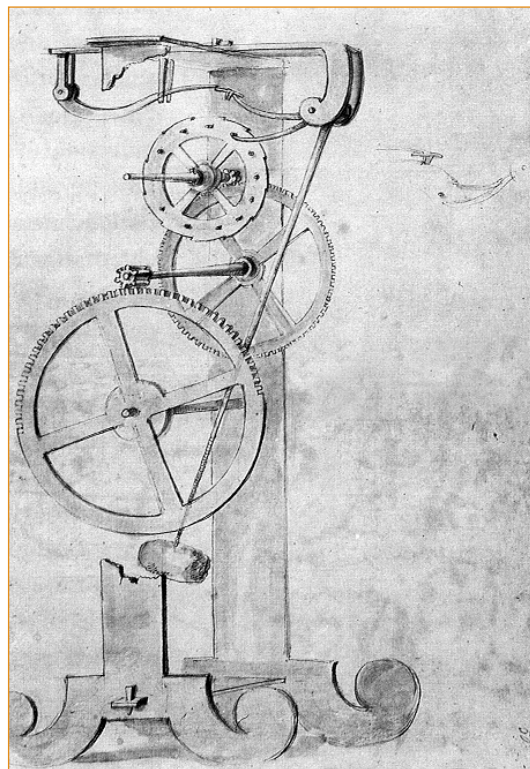
ορίζει και τη θέση των αντικειμένων. Σε έναν τέτοιο κόσμο δεν μπορεί να γίνει δεκτή η ύπαρξη του κενού. Στο κενό δεν μπορεί να υπάρχουν θέσεις για τα αντικείμενα, ούτε αυτά θα μπορούσαν να προσανατολιστούν μέσα σ' έναν τέτοιο χώρο προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, συνεπώς η έννοια της τάξης δε θα μπορούσε να υπάρξει.

### 3.2 Το πρόβλημα της κίνησης κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα

Πριν παρουσιάσουμε το έργο των Αράβων σχολιαστών, και ειδικότερα του Αβικέννα, του Μπαρακάτ, του Αβεμπάτσε και του Αβερρόη, θα αναφερθούμε στον Ιωάννη το Φιλόπονο.

Κατά τον έκτο αιώνα μ.Χ. έζησαν δύο από τους σημαντικότερους σχολιαστές του Αριστοτέλη: ο Σιμπλίκιος (πέθανε μετά το 533 μ.Χ.) και ο Ιωάννης ο Φιλόπονος (τέλη 5ου αι.). Ο Σιμπλίκιος, ένας από τους τελευταίους νεοπλατωνιστές, εγκαταστάθηκε στην Αθήνα προερχόμενος από την Αλεξάνδρεια. Το 529 μ.Χ., όταν έκλεισαν οι «ειδωλολατρικές» σχολές της αρχαιότητας, κατέφυγε στην Περσία, απ' όπου επέστρεψε στο Βυζάντιο το 533 μ.Χ. Ο ίδιος έγραψε αριστοτελικά υπομνήματα θέλοντας να συμφιλιώσει τον πλατωνισμό με τον αριστοτελισμό. Δεν εξέφρασε καμία ουσιαστική αντίρρηση στη θεωρία κίνησης του Αριστοτέλη, γεγονός που τον έφερε σε αντίθεση με το Φιλόπονο.

Σε αντίθεση με το Σιμπλίκιο, ο σύγχρονός του, Ιωάννης ο Φιλόπονος, εξάσκησε μία καταλυτική κριτική στις βασικές θέσεις της αριστοτέλειας φυσικής. Ο Φιλόπονος ήταν μονοφυσίτης, εκκλησιαστικός συγγραφέας και φιλόσοφος, μαθητής του φιλόσοφου Αμμόνιου. Αν και νεοπλατωνιστής, επηρεάστηκε από την αριστοτελική φιλοσοφία. Εκατό χρόνια μετά το θάνατό του καταδικάστηκε από την ΣΤ' Οικουμενική Σύνοδο. Εκτός όμως από τις θεολογικές και φιλοσοφικές του ενασχολήσεις, ο Φιλόπονος έγραψε σχόλια στα «Φυσικά», στα «Μετεωρολογικά», στο «Περί γενέσεως και φθοράς» και στο «Περί ψυχής» του Αριστοτέλη. Αρνήθηκε να δεχτεί τη θεωρία του Αριστοτέλη σχετικά με την κίνηση, καθώς και την αδυναμία ύπαρξης του κενού. Θα αναφερθούμε στα σχόλια του Φιλόπονου στο σύστημα του Αριστοτέλη. Σκοπός των σχολίων του ήταν ο εντοπισμός και η παρουσίαση των θεμελιωδών «λαθών» της αριστοτέλειας φυσικής.



Η πρώτη αντίρρηση που διατύπωσε ήταν σχετικά με τη λειτουργία και το ρόλο που έδινε ο Αριστοτέλης στο εξωτερικό μέσο. Ο Φιλόπονος αρνείται την αναγκαιότητα ύπαρξης ενός ανθιστάμενου μέσου στην τοπική κίνηση, ενώ συγχρόνως απορρίπτει το εξωτερικό μέσο ως δρώσα δύναμη και αιτία της φυσικής κίνησης. Ως εξωτερικό μέσο εννοεί κυρίως τον αέρα. Ισχυρίζεται πως, αν σύμφωνα με τον Αριστοτέλη ο αέρας που βρίσκεται σε άμεση επαφή με ένα αντικείμενο μπορούσε να προκαλέσει και να διατηρήσει την κίνηση του αντικειμένου για ένα ορισμένο διάστημα (χρονικό και εκτατό), θα έπρεπε να ήταν επίσης δυνατό να θέσουμε σε κίνηση μία πέτρα ανακινώντας απλώς τον αέρα πίσω της. Κάτι τέτοιο όμως έρχεται σε αντίθεση με την εμπειρία, γεγονός που το καθιστά αδύνατο. Υπέδειξε αντ' αυτού την ύπαρξη μιας άυλης, εντυπωμένης δύναμης. Σύμφωνα με τις υποθέσεις του μία άυλη κινητήρια ώθηση, η οποία μεταδίδεται από ένα αρχικό κινούν σε ένα σώμα (πέτρα ή βλήμα), ήταν η αιτία συνέχισης της κίνησης. Η εντυπωμένη αυτή δύναμη, η οποία σταδιακά εξασθενούσε διαχεόμενη στο περιβάλλον, αποτελούσε την κινητήρια ώθηση, ενώ το σώμα αποτελούσε την αντίσταση. Το εξωτερικό μέσο, ο αέρας, συνέβαλε λίγο ή καθόλου σ' αυτή τη διαδικασία. Με τον τρόπο αυτό ο Φιλόπονος επαναδιατυπώνει το πρόβλημα της κίνησης μέσω της εσωτερικής ενόρμησης. Από τη στιγμή που η εντυπωμένη εσωτερική δύναμη του σώματος είναι μη μόνιμη, η κίνησή του στο κενό θα είναι πεπερασμένη και μη στιγμιαία. Με βάση το δεδομένο αυτό ισχυρίζεται ότι μια βίαιη κίνηση θα συνέβαινε πιο εύκολα σ' ένα κενό παρά σ' ένα πλήρες, εφόσον καμία εξωτερική αντίσταση δε θα παρεμπόδιζε τη δράση της εντυπωμένης δύναμης. Στην παραπάνω πρόταση βλέπουμε για ακόμα μία φορά τη δευτερεύουσα σημασία που δίνει στο εξωτερικό μέσο ως απλής παρεμπόδισης της ήδη υπάρχουσας κινητήριας δύναμης.

Η αποδοχή του κενού από το Φιλόπονο είναι συνεπής και με το θεολογικό του προσανατολισμό. Βέβαια, σε μία περίοδο πλήρους κυριαρχίας του χριστιανισμού, θα ήταν παράταιρο να υποστηρίζεται ότι είναι αδύνατη η ύπαρξη κενού: ο παντοδύναμος Θεός του χριστιανισμού θα μπορούσε, αν ήθελε, να δημιουργήσει κενό και άρα η ανυπαρξία του κενού δε θα μπορούσε να δικαιολογηθεί με λογικά επιχειρήματα στο πλαίσιο της κυρίαρχης ιδεολογίας του χριστιανισμού.

Ο Φιλόπονος απέρριψε την αριστοτέλεια αντίληψη ενός δισδιάστατου χώρου και τάχτηκε υπέρ της άποψης ότι ο τόπος όλων των σωμάτων είναι ένας χώρος κενός και τριών διαστάσεων. Το τρισδιάστατο αυτό κενό δεν είναι σωματικό. Ο Φιλόπονος διαχωρίζει το υλικό σώμα και τη μη υλική έκταση, από τα οποία το πρώτο αποτελεί ουσία, το δεύτερο όμως όχι. Αν και δεν είναι δυνατό δύο ή περισσότερα σώματα να καταλάβουν τον ίδιο τόπο, μπορεί ένα υλικό σώμα να καταλάβει έναν, ίσης έκτασης, κενό χώρο. Ο Φιλόπονος λοιπόν αντιμετωπίζει την αριστοτέλική άποψη



σχετικά με την αδυναμία αλληλοδιείσδυσης σώματος και εκτατού χώρου θεωρώντας ότι ο κενός χώρος δεν είναι υλικό σώμα, με αποτέλεσμα να μπορεί να δέχεται ένα οποιοδήποτε άλλο σώμα.

Ο κενός χώρος, που, σύμφωνα με τα παραπάνω, μπορεί να καταλάβει κάθε σώμα, λειτουργεί και ως «ογκομετρητής». Η ιδιότητά του αυτή είναι ανεξάρτητη από τα σώματα που περιέχονται σε αυτόν. Ας υποθέσουμε ένα δοχείο, το οποίο αρχικά περιέχει αέρα. Η εσωτερική επιφάνεια του δοχείου αποτελεί ένα ακριβές μέτρο του όγκου του αέρα. Το ότι οι διαστάσεις του δοχείου είναι ανεξάρτητες από το περιεχόμενό του γίνεται φανερό όταν αντικαταστήσουμε τον αέρα με νερό. Ο όγκος του νερού μετριέται επίσης μέσω των διαστάσεων του δοχείου. Εφόσον η εσωτερική επιφάνεια του δοχείου μετράει τους όγκους διάφορων υλικών σωμάτων, οι διαστάσεις του δοχείου δεν μπορούν να είναι υλικές, καθώς είναι γνωστό ότι δύο σώματα δεν μπορούν να καταλαμβάνουν τον ίδιο τόπο. Ο Φιλόπονος λοιπόν καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ο εσωτερικός χώρος του δοχείου, που έχει τη δυνατότητα να καταλαμβάνεται από διάφορα σώματα, είναι ένας τρισδιάστατος κενός χώρος, μέρος ενός απόλυτου τρισδιάστατου κενού που όχι μόνο περιέχει ολόκληρο τον κόσμο αλλά είναι και όμορος με αυτόν.

Η κίνηση των σωμάτων λοιπόν πραγματώνεται σ' έναν απολύτως ακίνητο, τρισδιάστατο κενό χώρο. Ένα σώμα κινείται αφήνοντας πίσω του ίσης έκτασης κενό χώρο, ενώ διαδοχικά καταλαμβάνει και πάλι μπροστά του ίσης έκτασης κενό χώρο. Κανένα μέρος του τρισδιάστατου κενού χώρου δεν μπορεί να μεταφερθεί και να καταλάβει κάποιο άλλο μέρος του κενού χώρου αλλά, έστω και αν υπήρχε αυτή η δυνατότητα, δε θα υπήρχε αυξομείωση του αρχικού κενού. Με τον τρόπο αυτό ο Φιλόπονος απαντά στην αριστοτελική αντίληψη που εναντιωνόταν στην ύπαρξη εκτατού κενού χώρου.

Το έργο του Φιλόπону σηματοδοτεί την απαρχή μιας συστηματικής κριτικής θεώρησης της αριστοτελικής θεωρίας για την κίνηση και το κενό. Η αριστοτελική θεωρία θα αντικατασταθεί μετά από πολλούς αιώνες και στο έργο του Φιλόπону βρίσκουμε την προβληματική που ανοίγει το δρόμο για την αναθεώρησή της.

### **3.2.1 Το Ισλάμ: Διαφύλαξη της φιλοσοφικής κληρονομιάς της αρχαιότητας**

Περίπου δύο αιώνες μετά την εδραίωση του Ισλάμ (7ος αι. μ.Χ.), βρίσκουμε αποκρυσταλλωμένες πια την ισλαμική θεολογία (Kalam) και φιλοσοφία (Falsafam): δύο γνωστικές παραδόσεις διαμορφωμένες από Άραβες λογίους που αφενός σκόπευαν στην ορθολογική διασαφήνιση και υπεράσπιση των αρχών της ισλαμικής θρησκείας (Mutakalimu) και αφετέρου στη διερεύνηση των αρχαίων (ελληνικών ή ελληνι-

στικών ή ελληνορωμαϊκών) επιστημών (Falasifah).

Ήδη κατά τον 6ο και 7ο αιώνα μ.Χ., συρόφωνοι νεστοριανοί χριστιανοί της ανατολικής Περσίας, στην Jundishapur, είχαν μεταφράσει στα συριακά αρκετά ελληνικά φιλοσοφικά έργα. Η Jundishapur εξακολουθούσε να είναι ένα από τα κυριότερα κέντρα όπου χριστιανοί, Εβραίοι και άλλοι υπήκοοι των χαλιφάτων μετέφραζαν από τα συριακά στα αραβικά. Πράγματι, σε αραβικές μεταφράσεις βρίσκουμε το σύνολο των γνωστών έργων της ελληνικής φιλοσοφίας, από τον Πλάτωνα μέχρι τους αλεξανδρινούς σχολιαστές του 6ου αι. μ.Χ.

Αναφορικά με την πρόσληψη της ελληνικής σκέψης στον αραβικό χώρο υπάρχουν δύο —ακραίες— ερμηνείες. Η πρώτη, γνωστή ως «θέση περιθωριοποίησης», ισχυρίζεται ότι η ελληνική φιλοσοφία υπήρξε μόνο μια περιθωριακή δραστηριότητα, καθώς οι περισσότεροι λόγιοι του ισλάμ τη θεωρούσαν άχρηστη και επικίνδυνη, επειδή ήταν αντίθετη στη δική τους ορθοδοξία. Η δεύτερη ερμηνεία ονομάστηκε «θέση της οικειοποίησης» και υποστηρίζει, σε αντίθεση με την πρώτη, ότι το Ισλάμ όχι μόνο δεν απέρριψε την «ξένη γνώση», αλλά αντιθέτως δημιούργησε τις προϋποθέσεις για την ανάκτηση και καλλιέργειά της. Η συστηματική μελέτη, τα τελευταία 30–40 χρόνια, του ρόλου των Αράβων λογίων αναδεικνύει όλο και περισσότερο το δημιουργικό τους ρόλο όχι μόνο στη μετάφραση και χρήση των αρχαίων ελληνικών κειμένων, αλλά και στον εκτεταμένο τους σχολιασμό όπως και στη συγγραφή πρωτότυπων έργων που βασίστηκαν σε πολλές περιπτώσεις στα αρχαία έργα.

Παρακάτω θα εξετάσουμε, με χρονολογική σειρά, τέσσερις από τους Άραβες μελετητές που ασχολήθηκαν με τη θεωρία της κίνησης, όπως διατυπώθηκε από τον Αριστοτέλη και ανασκευάστηκε από το Φιλόπονο.

Ο Αβικέννας (980–1037) ή Αμπού Αλή άλ-Χουσεΐν ίμπου Αμπντουλλάχ Ίμπν Αλή Ίμπν Σίνα γεννήθηκε στο Αφσανάχ, χωριό στην περιοχή της Μπουχάρας. Στα έργα του καταπιάνεται με τη λογική, τη γεωμετρία, τη φυσική και τη μεταφυσική. Ο Αβικέννας προώθησε τη θεωρία του «mail», της εντυπωμένης δύναμης που θεωρείται μία συστηματικότερη επεξεργασία της εξήγησης του Φιλόπονου. Το mail αποτελούσε ουσιαστικά όργανο της αρχικής κινητήριας δύναμης, ικανό να συνεχίζει τη δράση του στο σώμα, όταν η αρχική δύναμη έπαυε να επενεργεί. Διέκρινε το mail σε τρεις τύπους: σε ψυχικό, φυσικό και βίαιο. Το φυσικό και το βίαιο mail αντιστοιχούσαν στους δύο αντίστοιχους τύπους κίνησης του Αριστοτέλη. Ένα σώμα ήταν ικανό να δεχτεί βίαιο mail σε αναλογία με το βάρος του (όσο μεγαλύτερη πυκνότητα έχει το σώμα τόσο περισσότερη δύναμη μπορεί αυτό να υποδεχτεί). Γι' αυτό, παραδείγματος χάρη, μια μολύβδινη σφαίρα μπορεί να ριχτεί σε μεγαλύτερη από-

σταση απ' ό,τι ένα φτερό. Το mail κατά τον Αβικέννα ήταν μια μόνιμη ιδιότητα που διατηρούνταν σ' ένα σώμα απεριόριστα, όσο δεν υπήρχαν εξωτερικές αντιστάσεις. Αν, παραδείγματος χάρη, ένα σώμα κινούνταν βίαια στο κενό, τότε η κίνησή του θα ήταν απεριόριστης έκτασης και διάρκειας, διότι δε θα συνέτρεχε λόγος να φτάσει σε ακινησία. Κάτι τέτοιο όμως δεν παρατηρείται στη φύση και, κατά τον Αβικέννα που παρέμενε αριστοτελικός, δε γίνεται αποδεκτή η ύπαρξη του κενού.

Λίγα χρόνια μετά το θάνατο του Αβικέννα, γεννήθηκε στη Σαραγόσα ο Αβεμπάτσε (πέθανε το 1138) ή ίμπν Μπάγια, ο οποίος υπήρξε ένας ακόμα εκπρόσωπος της αραβικής διανόησης στην Ισπανία. Τα σχόλιά του στη φυσική του Αριστοτέλη και ιδίως στη φυσική της κίνησης παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ο Αβεμπάτσε αρνήθηκε ότι ο μόνος λόγος που η κίνηση απαιτεί χρόνο για να πραγματοποιηθεί οφείλεται στην ύπαρξη του περιβάλλοντος μέσου. Εάν κάτι τέτοιο συνέβαινε, τότε τα ουράνια σώματα που κινούνται, χωρίς τίποτα να τους αντιστέκεται, θα έπρεπε να έχουν στιγμιαία ταχύτητα. Όμως, η καθημερινή πρακτική αποδεικνύει το αντίθετο. Τα ουράνια σώματα κινούνται με διάφορες ταχύτητες, είτε πολύ αργές είτε γρήγορες. Η κίνηση επομένως δεν οφείλει τη «χρονικότητά» της μόνο στο περιβάλλον μέσο. Όμως οι Λατίνοι σχολιαστές δεν μπόρεσαν να βρουν ούτε στο κείμενο του Αβεμπάτσε, άλλα ούτε και σε κείμενα του Αβερρόη, πώς εξηγείται η πεπερασμένη κίνηση στο κενό, με την απουσία δηλαδή ενός εξωτερικού υλικού μέσου, που κατά τον Αβερρόη και τον Αριστοτέλη ήταν αναγκαίο για την αποφυγή της στιγμιαίας ταχύτητας. Ο Αβεμπάτσε είχε μιλήσει πολύ αόριστα για τις διαφορές στις ταχύτητες των ουράνιων σωμάτων, τις οποίες εξηγούσε ανάλογα με το βαθμό τελειότητάς τους. Για το λόγο αυτό δεν μπορούμε να γνωρίζουμε αν η κίνηση στο κενό, κατά τον Αβεμπάτσε, καθορίζεται μέσω του βάρους ενός σώματος, του σχήματός του ή μέσω κάποιας κινητήριας δύναμης.

Σύγχρονος του Αβεμπάτσε και περίπου έναν αιώνα μετά τον Αβικέννα, ο Αμπντούλ Μπαρακάτ (πέθανε το 1164) προτείνει ένα mail μη μόνιμο και αυτοδιαλυόμενο. Με τον τρόπο αυτό ακόμα και στο κενό ένα σώμα σε βίαιη κίνηση θα σταματούσε τελικά λόγω της αναπόφευκτης εξάντλησης της εντυπωμένης δύναμης. Παρόμοια εξήγηση είχε δώσει, όπως είδαμε, ο Ιωάννης ο Φιλόπονος, ο κύριος εμπνευστής της έννοιας της ενώθησης.

Την παράδοση συνεχίζει ο Αβερρόης (1126 – 1198) ή Ίμπν Ρούσντ, ο οποίος καταγόταν από την Κόρδοβα της μουσουλμανικής Ισπανίας, κέντρο για περίπου 8 αιώνες τεχνών, επιστημών και γραμμάτων. Ήταν νομικός και γιατρός και συνέγραψε πολλά και σημαντικά σχόλια στα έργα του Αριστοτέλη. Τα φιλοσοφικά του έργα διακρίνονται σε δύο μέρη: τα σχόλιά του σε κείμενα του Αριστοτέλη και τα ανεξάρτητα έργα του. Σύμφωνα με την άποψη του Αβερρόη η κίνηση δεν είναι κάτι διακριτό από το

κινούμενο σώμα, αλλά αναφέρεται στη διαδικασία με την οποία ένα κινητό μεταβάλλει τη θέση του. Η κίνηση δηλαδή δεν αποτελεί ξεχωριστή παρούσα οντότητα. Το πρόβλημα αυτό αναφέρεται με τον όρο *forma fluens* (ρέουσα μορφή), ενώ η αντίθετη άποψη με τον όρο *fluxus formae* (ροή της μορφής). Ακόμα ο Αβερρόης εξέτασε τη θεωρία του Αριστοτέλη περί της τοπικής κίνησης και ειδικότερα για τη φύση της φυσικής κίνησης, που κατά τον Αβερρόη δεν είχε επεξεργαστεί επαρκώς ο Αριστοτέλης. Ο Αβερρόης επισήμανε ότι δε γίνεται απολύτως κατανοητή η διάκριση μεταξύ κινούμενου σώματος και κινούσας αιτίας, ενώ κατέληξε ο ίδιος σε μια εναλλακτική λύση που διακρίνει μορφή και ύλη σε αντιστοιχία με το κινούν και το κινούμενο.

### 3.2.2 Η μετάβαση στο δυτικό κόσμο

Η ανάπτυξη των εμπορικών σχέσεων ανάμεσα στους Άραβες που τον 9 μ.Χ. αιώνα είχαν ήδη κατακτήσει τη Σικελία και τμήματα της Ισπανίας, με πόλεις όπως η Βενετία, η Νάπολη και το Μπάρι, αλλά και οι σχέσεις και τα ταξίδια χριστιανών λογίων στη Βόρεια Αφρική αναπόφευκτα οδήγησαν και σε πνευματικές αλληλεπιδράσεις. Σιγά αλλά σταθερά η χριστιανική Δύση αρχίζει να έρχεται σε επαφή με την αρχαία ελληνική γραμματεία μέσα από τις μεταφράσεις, τα σχόλια και τα έργα των Αράβων. Το 1085 ο Αλφόνσος ο β' ανακατέλαβε το Τολέδο και το οποίο κάτω από την προστασία του Αρχιεπισκόπου του έγινε, στα μέσα του 12ου αιώνα, το βασικό κέντρο μεταφράσεων από τα αραβικά στα λατινικά. Τώρα πια και μέσα από το πρωτόγνωρο μεταφραστικό κίνημα τα έργα όλων σχεδόν των βασικών στοχαστών της αρχαιότητας υπήρχαν και στα λατινικά και μέσω των έργων των αρχαίων οι λόγιοι της Δυτικής Ευρώπης υιοθετούσαν και ένα συγκεκριμένο τρόπο σκέψης. Το γεγονός αυτό όμως αποτέλεσε και ένα από τα πρώτα προβλήματα που αντιμετώπισαν οι χριστιανοί φιλόσοφοι, γιατί διέθεταν ήδη ένα αρκετά ολοκληρωμένο σύστημα που κάλυπτε όλους τους τομείς της ανθρώπινης γνώσης και το οποίο βασιζόταν στα γεγονότα που περιγράφονται στη Βίβλο. Πολλά στοιχεία του αριστοτελικού συστήματος ήταν ιδιαίτερα προβληματικά για τους χριστιανούς διανοητές του 13ου αιώνα όπως, παραδείγματος χάρη, ο ισχυρισμός του Αριστοτέλη ότι ο κόσμος είναι αιώσιος, που ερχόταν σε αντίθεση προς τη χριστιανική άποψη του Θεού ως δημιουργού από το μηδέν.

Ωστόσο η σύγκρουση της χριστιανικής σκέψης με το περιεχόμενο των μεταφρασμένων έργων δε γινόταν για πρώτη φορά. Το πρόβλημα της σχέσης της αλήθειας με τον ορθό λόγο και με την από αποκάλυψη αλήθεια είχε ξανασυζητηθεί. Οι Λατίνοι Πατέρες, μετά από πολλές διαμάχες, αποφάσισαν να ακολουθήσουν την ανάλυση του Αυγουστίνου, σύμφωνα με την οποία θα πρέπει το αριστοτελικό πλαίσιο να προσαρμοστεί με τις Γραφές. Κατά τον Αυγουστίνo η αλήθεια δεν μπορεί να αντιφάσκει και

επομένως η σύνδεση της χριστιανικής πίστης με τα αληθινά δεδομένα της παρατήρησης και τα συμπεράσματα του ορθού λόγου θα πρέπει να είναι αρμονική.

Το άτομο όμως που έπαιξε αποφασιστικό ρόλο στη δημιουργία ενός θεολογικο-φιλοσοφικού λόγου, συνθέτοντας την παραδοσιακή θεολογία με τις αριστοτελικές απόψεις, ήταν ο Θωμάς ο Ακινάτης (1225–1274). Ο Ακινάτης διαφωνούσε με την άποψη του Αβερρόη και του Αβικέννα, ότι το κινούμενο διαχωρίζεται από την κινούσα αιτία κατ' αντιστοιχία με τη διάκριση ύλης και μορφής. Ο Ακινάτης αρνήθηκε τη διάκριση αυτή, καθώς η ύλη και η μορφή γι' αυτόν ήταν αδιαχώριστα. Υποστήριξε ακόμα ότι στην περίπτωση που ένα σώμα βρίσκεται σε φυσική κίνηση τότε το κινούν του είναι η αιτία της αρχικής γένεσης και του σχηματισμού του σώματος μακριά από το φυσικό του τόπο. Από το σημείο αυτό και μετά το σώμα δε χρειάζεται την άμεση επαφή κάποιου κινούντος, αλλά απλώς ακολουθεί τη φυσική του τάση, δηλαδή την επιστροφή στο φυσικό του τόπο. Η θέση αυτή είναι εντελώς αριστοτελική, παρά το γεγονός ότι ο Ακινάτης γνώριζε τη θεωρία του Φιλόπονου. Οι πρώτοι που εξέτασαν τη θεωρία του Φιλόπονου κατά το 14ο αι. ήταν ο Franciscus de Marchia (φραγκισκανός θεολόγος) και ο Jean Buridan, στον οποίο θα αναφερθούμε παρακάτω. Ο Ακινάτης ήταν ένας από τους πρώτους που εξέτασε την άποψη του Αβεμπάτσε σχετικά με την κίνηση. Θα πρέπει να είχε επηρεαστεί από τον Αβεμπάτσε, αν και πιθανά στο έργο του δεν αναφέρει το όνομα του τελευταίου. Υποστήριξε ότι η κίνηση σε ένα δίχως αντίσταση μέσο, δηλαδή στο κενό, θα είναι πεπερασμένη και συνεχής. Τις θέσεις του αυτές τις θεμελίωσε, όπως πρωτύτερα είχε κάνει και ο Αβεμπάτσε, με αριστοτελικά επιχειρήματα. Σχετικά με τη συνεχή κίνηση στο κενό αναφέρθηκε στην κίνηση των ουράνιων σωμάτων στο 5ο στοιχείο, τον αιθέρα, ενώ για τη δικαιολόγηση της πεπερασμένης κίνησης υποστήριξε ότι ο κενός χώρος αποτελεί εκτατό χωρικό μέγεθος. Μετά τη σταδιακή αποδοχή της ύπαρξης του κενού, νοούμενο με όρους εκτατούς και χρονικούς, με τη συμβολή του Ακινάτη τέθηκε το πρόβλημα της φυσικής, πεπερασμένης κίνησης στο κενό. Μια νέα προσέγγιση στην ερμηνεία της αριστοτελικής σύλληψης περί μεικτού ή σύνθετου σώματος θα δώσει τη λύση.

### 3.2.3 Η κίνηση στο κενό

Σύμφωνα με τη θεωρία του Αριστοτέλη στη φύση υπάρχουν τα στοιχειώδη σώματα (γη, αέρας, νερό, φωτιά) και τα σύνθετα ή μεικτά σώματα (μείγματα των τεσσάρων στοιχείων), τα οποία και αποτελούν τα σώματα της φύσης. Στα μεικτά σώματα κάποιο από τα τέσσερα στοιχεία κυριαρχεί και είναι αυτό που καθορίζει τη διεύθυνση της κίνησης: η συνολική δύναμη των ελαφρών στοιχείων αντιπαραβάλλεται με τη συνολική δύναμη των βαριών, με αποτέλεσμα να επικρατεί είτε η ελαφρότητα είτε η βαρύ-

τητα. Τα βαριά και ελαφρά στοιχεία των μεικτών σωμάτων αποτελούνται από μέρη ή βαθμούς των οποίων το άθροισμα αποκαλύπτει το κυρίαρχο στοιχείο οδηγώντας, με αυτό τον τρόπο, στον καθορισμό της διεύθυνσης της φυσικής κίνησης. Με βάση αυτό τον συλλογισμό άρχισε να διαμορφώνεται η έννοια της *εσωτερικής αντίστασης*. Η βαρύτητα ή η ελαφρότητα νοούνται πια ως δυνάμεις που δρουν αντίθετα και συνυπάρχουν μέσα σ' ένα μεικτό σώμα. Η ιδιότητα με το μεγαλύτερο συνολικό αριθμό βαθμών αποτελεί την κινητήρια δύναμη, ενώ η αντίθετή της την αντίσταση.

Όλα τα σώματα της υποσελήνιας περιοχής είναι μεικτής σύνθεσης. Έτσι η εξήγηση κάθε φυσικής κίνησης καθίσταται δυνατή με τη χρησιμοποίηση της έννοιας της εσωτερικής αντίστασης. Επίσης με αυτό τον τρόπο δικαιολογείται και η κίνηση στο κενό, εφόσον υπάρχουν οι προϋποθέσεις μιας τέτοιας κίνησης, δηλαδή η κινητήρια δύναμη και η εσωτερική αντίσταση. Το πρόβλημα παραμένει όμως για τα στοιχειώδη σώματα. Σε αυτά προφανώς δεν υπάρχει ούτε κινητήρια δύναμη ούτε εσωτερική αντίσταση. Η απάντηση που δόθηκε ήταν ότι τα σώματα αυτά κινούνται μόνο εντός υλικών μέσων και ποτέ στο κενό.

Με βάση την παραπάνω θεωρία ο Thomas Bradwardine [(~1290–1300)–1349] και ο Αλβέρτος της Σαξονίας (1193–1280) διατύπωσαν μία υπόθεση. Σύμφωνα με αυτή, δύο σώματα διαφορετικού βάρους και μεγέθους, αλλά με την ίδια αναλογία ελαφρών και βαριών στοιχείων, θα πέσουν στο κενό με ίσες ταχύτητες λόγω της υλικής τους ομογένειας. Κάθε μονάδα ύλης των δύο σωμάτων είναι ταυτόσημη, αποτελείται, όπως ήδη είπαμε, από τον ίδιο λόγο βαριών προς ελαφρών στοιχείων. Η υπόθεση αυτή είναι ενδιαφέρουσα, γιατί ήταν η πρώτη αντίδραση στην «αυτονόητη» ως τότε θεωρία του Αριστοτέλη, με βάση την οποία η ταχύτητα ήταν ανάλογη του βάρους του σώματος, και γιατί υπογραμμίζεται η έννοια της πεπερασμένης ταχύτητας στο κενό.

Ο Jean Buridan (1300–1358) ασχολήθηκε κυρίως με τη λογική, την οπτική και τη μηχανική. Σπούδασε φιλοσοφία στο Πανεπιστήμιο του Παρισιού κοντά στο νομιναλιστή φιλόσοφο William Ockham. Ο Buridan ανέπτυξε μια θεωρία της ώθησης μέσω της οποίας το κινούν μεταδίδει στο κινούμενο σώμα μία δύναμη ανάλογη της ταχύτητας και της μάζας που το διατηρεί σε κίνηση. Ακόμα υποστήριξε ότι το εξωτερικό μέσο, που περιβάλλει το κινούμενο σώμα, μπορεί να λειτουργήσει ως αντίσταση, η οποία βαθμιαία να ελαττώνει την ορμή όπως και ότι το βάρος συμβάλλει στην αυξομείωση της ταχύτητας που αποκτά ένα σώμα. Η εντυπωμένη αυτή δύναμη ή *impetus* (ενόρμηση), κατά τον όρο που ο ίδιος εισήγαγε και που επικράτησε ως την εποχή του Γαλιλαίου, δεν αποτελούσε αποκλειστικά δική του έμπνευση. Ως έννοια την έχουμε ήδη συναντήσει σε προγενέστερους στοχαστές (π.χ. στο Φιλόπονο, στον Αβικέννα, στον Μπαρκατά). Για τον Buridan η ενόρμηση αποτελούσε την κινητήρια δύναμη που

μεταφέρεται από ένα αρχικό κινούν σε ένα σώμα που τίθεται σε κίνηση. Τα μέτρα της ισχύος της ενόρμησης είναι η ταχύτητα του κινούμενου σώματος καθώς και το βάρος του. Όσο πιο μεγάλη είναι δηλαδή η ποσότητα ύλης, τόσο μεγαλύτερη είναι η ενόρμηση που δέχεται το σώμα και τόσο περισσότερο διατηρεί την κίνησή του έναντι των εξωτερικών του αντιστάσεων. Έτσι εξηγεί και γιατί μία σιδερένια σφαίρα έχοντας την ίδια ταχύτητα με μία ίδιου μεγέθους ξύλινη σφαίρα θα διανύσει μεγαλύτερο διάστημα. (Η σιδερένια σφαίρα έχει περισσότερη ποσότητα ύλης από την ξύλινη, γι' αυτό και δέχεται μεγαλύτερη ενόρμηση.) Την ίδια σχεδόν προσέγγιση είχε και ο Αβικέννας.

Η ενόρμηση του Buridan αποτελεί εσωτερική της κινητήριας δύναμης και έρχεται σε αντίθεση με τον Αριστοτέλη, που υποστήριζε ότι η κινητήρια δύναμη είναι εξωτερική του κινούμενου σώματος. Στην έννοια της ενόρμησης ο Buridan προσθέτει την ιδιότητα της μονιμότητας, που μας είναι ήδη γνωστή από τον Αβικέννα, καθώς και αυτή της απεριόριστης διάρκειας, υπό την προϋπόθεση όμως ότι δεν υπάρχει φθορά από εξωτερικές αντιστάσεις. Σε περίπτωση που ένα σώμα ετίθετο σε κίνηση, δίχως να υπάρχουν εξωτερικές αντιστάσεις, τότε αυτό θα κινούνταν απεριόριστα και πιθανώς ευθύγραμμα με ομοιόμορφη (ομαλή) ταχύτητα. Η ενόρμηση του σώματος θα παρέμενε σταθερή, ενώ στο σώμα θα κυριαρχούσε η τάση να κινηθεί κατά φύση, εφόσον δε θα συνέτρεχε λόγος να μεταβάλει την διεύθυνσή του αλλά ούτε και την αρχική ταχύτητά του. Ακόμα, έστω και αν με βάση λογικά συμπεράσματα μπορούμε να καταλήξουμε από τη θεωρία του Buridan στην ύπαρξη ευθύγραμμης ομαλής κίνησης σε ένα χώρο δίχως εξωτερικές αντιστάσεις, ο ίδιος δε δέχεται τη δυνατότητα της συνεχούς κίνησης με πεπερασμένη ταχύτητα στο κενό. Η έννοια της απεριόριστης, ομοιόμορφης, ευθύγραμμης κίνησης στο κενό, που —όπως θα δούμε αργότερα— αποτελεί ουσιώδες συστατικό της αδράνειας, δεν μπορούσε να γίνει αποδεκτή στο πλαίσιο της προβληματικής του 14ου αιώνα, ένα πλαίσιο δομημένο με βάση τις αρχές και τον τρόπο σκέψης της αριστοτελικής φιλοσοφίας. Αντίθετα, η έννοια της απεριόριστης κυκλικής κίνησης δεν προκαλεί πρόβλημα, καθότι είναι παρατηρήσιμη στις ουράνιες κινήσεις, με τη διαφορά ότι ο Buridan αντικατέστησε την ύπαρξη διανοιών ως κινούντων τα ουράνια σώματα με μία «θεική» ποσότητα ενόρμησης σε κάθε ουράνια σφαίρα.

Ο Buridan, εκτός από την έννοια της *impetus*, ασχολήθηκε και με το πρόβλημα της επιτάχυνσης ενός σώματος σε ελεύθερη πτώση. Για την εξήγηση που έδωσε χρησιμοποίησε την έννοια της ενόρμησης. Παρατήρησε ότι το βάρος παραμένει σταθερό κατά τη διάρκεια πτώσης ενός σώματος και υπέθεσε ότι αυτό αποτελεί την αιτία της φυσικής ομοιόμορφης πτώσης (ελεύθερη πτώση). Η επιτάχυνση αντίστοιχα προκαλείται από συσσωρευμένες αυξήσεις της ενόρμησης. Ο Buridan λοιπόν δεν έλαβε υπόψη τη θεωρία του Αριστοτέλη περί φυσικής θέσης, με βάση την οποία κάθε σώμα «επιθυ-

μεί» να την προσεγγίσει με αποτέλεσμα να αυξάνει την ταχύτητά του όσο πλησιάζει σε αυτήν, αλλά ούτε και στηρίχτηκε στη θεωρία περί πύκνωσης και αραιώσης του αέρα που οδηγεί σε επιτάχυνση. Σύμφωνα με τη θεωρία του οι διαδοχικές και αθροισόμενες αυξήσεις της ενόρμησης «δημιουργούν» την περιστασιακή βαρύτητα. Αυτή οδηγεί σε αθροισόμενη αύξηση της ταχύτητας που ισοδυναμεί με επιταχυνόμενη πτώση.

Αν  $\Delta T$ = χρονικό διάστημα,  $B$ =βάρος,  $I$ =ενόρμηση,  $U$ =ταχύτητα,  $\Delta U$ = αύξηση της ταχύτητας, τότε

$\Delta T$	$B$	$-$	$U$
$2\Delta T$	$B$	$I$	$U+\Delta U$
$3\Delta T$	$B$	$2I$	$U+2\Delta U$
$4\Delta T$	$B$	$3I$	$U+3\Delta U$

Κατά τη διάρκεια της πτώσης του σώματος το βάρος του, που παραμένει σταθερό, προκαλεί συνεχόμενες αυξήσεις στην ενόρμηση. Η ενόρμηση —εξ ορισμού κινητήρια δύναμη— προκαλεί ανάλογη αύξηση της ταχύτητας. Η συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα ισοδυναμεί με την επιταχυνόμενη κίνηση. Η εξήγηση που δίνει ο Buridan βρίσκεται στο πλαίσιο του αριστοτελικού συστήματος, γιατί θεωρεί τη δύναμη πάντα ανάλογη προς την ταχύτητα.

### 3.2.4 Επιταχυνόμενη κίνηση στον ύστερο Μεσαίωνα

Το φαινόμενο της ελεύθερης πτώσης αποτέλεσε ένα από τα κύρια προβλήματα που απασχόλησαν τους στοχαστές του ύστερου Μεσαίωνα. Η επιτάχυνση ενός σώματος σε ελεύθερη πτώση φαινόταν να είναι ανάλογη και του χρόνου και του διαστήματος που διένυε. Αρκετοί μελετητές, όπως ο Buridan, ο Αλβέρτος της Σαξονίας και ο Λεονάρντο ντα Βίντσι, υιοθέτησαν και τις δύο σχέσεις, δηλαδή και το διάστημα και το χρόνο πτώσης ως παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταβολή (αύξηση) της ταχύτητας. Ήδη από το 14ο αιώνα έχουμε τη διατύπωση ορισμών της ομοιόμορφης ταχύτητας και της ομοιόμορφα επιταχυνόμενης κίνησης —ορισμούς που χρησιμοποίησε αυτούσιους και χωρίς καμία αλλαγή ο Γαλιλαίος.

*Ομοιόμορφη κίνηση* ορίζεται η κίνηση στην οποία έχουμε κάλυψη ίσων αποστάσεων σε οποιαδήποτε ίσα χρονικά διαστήματα.

Η χρησιμοποίηση της λέξης «οποιαδήποτε» γίνεται προκειμένου να αποφευχθεί η πιθανότητα να διανύονται ίσες αποστάσεις σε ίσους χρόνους από μη ομοιόμορφες ταχύτητες.

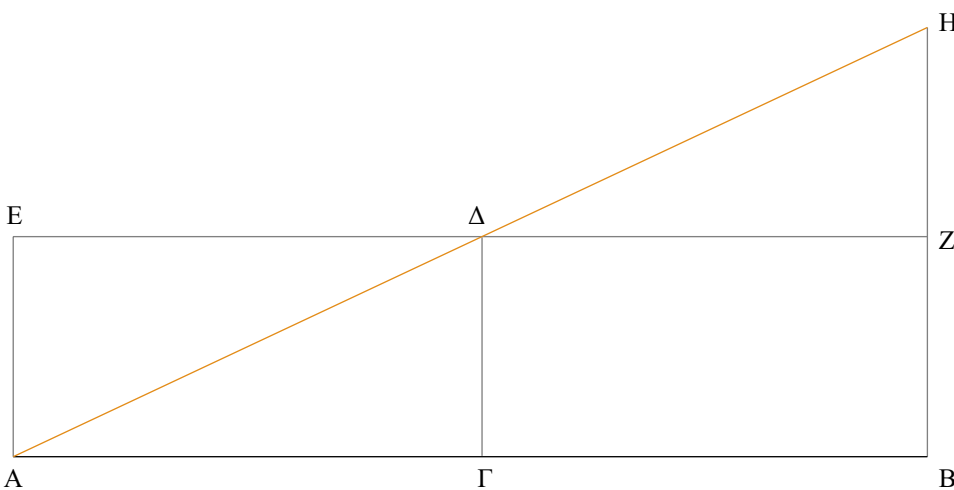
Εκτός από τον ορισμό της ομοιόμορφης κίνησης, δόθηκε και ένας ακριβής ορισμός της ομοιόμορφα επιταχυνόμενης κίνησης.



*Ομοιόμορφη επιτάχυνση* ορίζεται η επιτάχυνση σε μία κίνηση στην οποία μία ορισμένη αύξηση της ταχύτητας αποκτάται σε οποιαδήποτε ίσα χρονικά διαστήματα, όσο μικρά ή μεγάλα.

Εκτός από τους παραπάνω ορισμούς επιχειρήθηκε να δοθεί και ο ορισμός της στιγμιαίας ταχύτητας. Η έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας εκφράστηκε με την απόσταση την οποία θα διανύσει ένα κινούμενο σώμα ή σημείο, αν η ταχύτητα που είχε αυτό το σώμα ή σημείο, στη διάρκεια της ομοιόμορφης κίνησής του για μία χρονική περίοδο, ήταν ίδια με την ταχύτητα που είχε τη στιγμή που εξετάζουμε. Με βάση τους ορισμούς αυτούς, ο Nicolas Oresme (1320–1382), στα 1350 στο έργο του «*Περί των διαμορφώσεων των ιδιοτήτων*», απέδειξε το θεώρημα της μέσης ταχύτητας, που αποτέλεσε μία από τις σημαντικότερες συμβολές στη διάρκεια του Μεσαίωνα στο πρόβλημα της κίνησης. Αν ένα σώμα είναι σε ακινησία και αρχίζει να κινείται με ομοιόμορφα επιταχυνόμενη κίνηση, τότε στο τέλος ενός ορισμένου χρονικού διαστήματος θα έχει διανύσει τόση απόσταση όση και ένα άλλο σώμα στη διάρκεια ενός ίδιου χρονικού διαστήματος, που κινείται με σταθερή μη επιταχυνόμενη ταχύτητα που είναι ίση με το μισό της τελικής τιμής που είχε αποκτήσει η επιταχυνόμενη ταχύτητα στο τέλος του συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Με το θεώρημα αυτό συσχετίζεται για πρώτη φορά με μαθηματικο-ποσοτικό τρόπο η επιταχυνόμενη με την ομαλή κίνηση.

Ας υπενθυμίσουμε ότι στην περίοδο για την οποία συζητάμε όλες οι αποδείξεις γίνονται με γεωμετρικά και όχι, όπως πολύ αργότερα, με αλγεβρικά σύμβολα.



**Σχήμα 3.1**

Στο σχήμα έστω ότι η ευθεία AB παριστάνει το χρόνο. Οι κάθετες πάνω στην AB παριστάνουν τις ταχύτητες ενός σώματος που αρχίζει από ακινησία, με ταχύτητα δηλαδή μηδέν τη στιγμή A, και καταλήγει λόγω της σταθερής επιτάχυνσης να έχει

ταχύτητα  $BH$  στο τέλος του χρόνου  $AB$ . Αν η  $ZB$  παριστάνει τη μισή της τελικής ταχύτητας και η  $\Gamma\Delta$  παριστάνει την ταχύτητα που έχει το σώμα στα μισά του χρόνου  $AB$  τότε  $\Delta\Gamma = ZB$ . Αν ένα άλλο σώμα άρχιζε να κινείται στη στιγμή  $A$  με σταθερή ταχύτητα (μη επιταχυνόμενη) ίση με την ταχύτητα που αποκτούσε το επιταχυνόμενο σώμα στα μισά του χρόνου, τότε τα δύο σώματα θα διένυαν την ίδια απόσταση στη διάρκεια του χρόνου  $AB$ .

Αν το παραπάνω σχήμα το θεωρήσουμε ως μία καθαρά γεωμετρική κατασκευή, τότε μπορεί κανείς να αποδείξει πως το εμβαδόν του τριγώνου  $ABH$  είναι ίσο με το εμβαδόν του ορθογώνιου  $ABZE$ . Αυτά που γράφουμε στην προηγούμενη παράγραφο αποτελούν τη διαδικασία με την οποία «μεταφράζουμε» τη γεωμετρία σε φυσική. Και αφού η απόσταση προκύπτει από το γινόμενο της ταχύτητας με το χρόνο, τα εμβαδά «μεταφράζονται» σε αποστάσεις.

### 3.3 Επιστημονική Επανάσταση

#### 3.3.1 Γαλιλαίος (1564–1642)

Η νεότερη φυσική, σύμφωνα με έναν από τους πιο έγκυρους μελετητές της Επιστημονικής Επανάστασης και ειδικότερα του Γαλιλαίου, τον Alexandre Koyrè, δεν ακολουθεί κατ' ανάγκη την έμπνευση των προκατόχων του Γαλιλαίου, αλλά τοποθετείται σε ένα εντελώς διαφορετικό επίπεδο· ένα αρχιμήδειο επίπεδο, όπως χαρακτηριστικά σημειώνει. Κατά τον Koyrè λοιπόν πρόδρομος της νεότερης φυσικής δεν ήταν ούτε ο Buridan ούτε ο Oresme ή ο Φιλόπονος αλλά ο Αρχιμήδης (287–212 π.Χ.).

Το 16ο αιώνα οι παρισινοί φυσικοί φιλόσοφοι, παρ' όλες τις προσπάθειες που κατέβαλαν, δεν μπόρεσαν να ξεφύγουν από την αριστοτελική ορθοδοξία. Η νέα ώθηση στις μελέτες τους δόθηκε όταν άρχιζαν να εκδίδονται ορισμένα έργα Ελλήνων μαθηματικών, μεταξύ των οποίων και του Αρχιμήδη το 1543. Η έκδοση των έργων του επηρεάζει με ένα ριζικό τρόπο πολλούς στοχαστές της Αναγέννησης σε δύο κυρίως σημεία. Η θεωρία του Αρχιμήδη περί υδροστατικής καταλύει τη θεμελιώδη αριστοτελική διάκριση μεταξύ ελαφρότητας και βαρύτητας. Η δε γεωμετρική μέθοδος, που με τόση μαεστρία χρησιμοποίησε στις μελέτες του, δημιουργεί την πεποίθηση ότι ήταν δυνατό να εφαρμοστεί στη φύση ένα «εργαλείο» πολύ πιο εκλεπτυσμένο και πηγαίο από τη σχολαστική λογική που χρησιμοποιούσαν οι μεσαιωνικοί φιλόσοφοι.

Στα πρώιμα έργα του Γαλιλαίου διακρίνουμε την άμεση επιρροή του Αρχιμήδη. Η πρώτη πρωτότυπη πραγματεία του Γαλιλαίου το 1586 αφορά τον υδροστατικό ζυγό και αποτελεί ένα μείγμα θεωρητικών και πρακτικών ενδιαφερόντων που είχαν την

καταγωγή τους στον Αρχιμήδη. Λίγο αργότερα, το 1590 στην Πίζα, ο Γαλιλαίος άρχισε να γράφει το «*De Motu*» (*Περί κίνησης*) και το οποίο δε θα δημοσιευτεί ποτέ στην αρχική του μορφή. Στα χειρόγραφα του έργου που έχουν διασωθεί, διαβάζουμε την προβληματική που αναπτύσσει ο Γαλιλαίος για τα θέματα της κίνησης και τις απαντήσεις που προτίθεται να δώσει –απαντήσεις που θα βρουν την πιο ώριμη έκφρασή τους στο τελευταίο του έργο «*Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a due Nuove Scienze*» (*Διάλογοι και Μαθηματικές Αποδείξεις που αφορούν τις δύο Νέες Επιστήμες*), που κυκλοφόρησε το 1638.

Το «*De Motu*» αποτελεί μια πραγματεία του Γαλιλαίου, η οποία περιέχει ένα σύνολο ιδεών που προέρχονταν από τον Αριστοτέλη και από τις μαθηματικές επεξεργασίες που είχαν την καταγωγή τους στον Αρχιμήδη. Ο Γαλιλαίος αναδεικνύει τη σημασία του ειδικού βάρους —το βάρος ανά μονάδα όγκου— για την κατανόηση της ελεύθερης πτώσης και δεν κάνει χρήση της εσωτερικής αντίστασης, που είχε χρησιμοποιηθεί τόσο πολύ από τους προηγούμενους στοχαστές. Υποστήριξε ότι ομογενή σώματα, διαφορετικού όμως βάρους, θα έπεφταν με ίσες ταχύτητες τόσο στο πλήρες όσο και στο κενό. Ειδικά για το κενό παρατηρεί ότι οι ταχύτητες θα είναι μεγαλύτερες απ' ό,τι στο πλήρες. Στο *De Motu* ο Γαλιλαίος ορίζει ως καθοριστικό παράγοντα της ταχύτητας το ενεργό βάρος αντί για το συνολικό βάρος του σώματος. Το ενεργό βάρος ορίζεται ως το βάρος που προκύπτει από τη διαφορά ανάμεσα στο ειδικό βάρος του σώματος και στο ειδικό βάρος του μέσου στο οποίο κινείται. Η διαφορά αυτή των ειδικών βαρών καθορίζει τις ταχύτητες. Η ταχύτητα ενός σώματος σε ελεύθερη πτώση προσδιορίζεται από το ειδικό βάρος του σώματος μείον το ειδικό βάρος του μέσου. Για την περίπτωση της άνωσης η ταχύτητα ενός σώματος προσδιορίζεται από το ειδικό βάρος του μέσου μείον το ειδικό βάρος του σώματος. Ειδικά στο κενό, επειδή το ειδικό βάρος του μέσου ισούται με το μηδέν, η ταχύτητα θα είναι ανάλογη προς το ειδικό βάρος του σώματος. Έτσι, εάν τα ειδικά βάρη σωμάτων διαφορετικού συνολικού βάρους είναι ίσα, τότε τα σώματα αυτά θα κινούνται με ίσες ταχύτητες στο ίδιο μέσο ή στο κενό. Στο έργο του που αναφέραμε το 1638, ο Γαλιλαίος θα επεκτείνει το εύρος των παραπάνω απόψεών του υποστηρίζοντας ότι όλα τα σώματα, οποιοδήποτε μεγέθους ή υλικής σύστασης, θα έχουν ίση ταχύτητα στο κενό. Με την εισαγωγή της έννοιας του ειδικού βάρους ο Γαλιλαίος πραγματεύτηκε όλα τα σώματα με τον ίδιο τρόπο, ανεξάρτητα από τη σύστασή τους, και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι όλα τα σώματα μπορούσαν να πέφτουν ή να κινούνται στο κενό ή στο πλήρες. Με το Γαλιλαίο τα ομογενή αρχιμήδεια μεγέθη αντικατέστησαν τα στοιχειακά και τα βαριά μεικτά σώματα του ύστερου Μεσαίωνα (τα σώματα δηλαδή που αποτελούνται από τα τέσσερα στοιχεία: τη γη, το νερό, τον αέρα και τη φωτιά ως μείξη αυτών).

Ακόμη και σήμερα αναφερόμαστε στο Γαλιλαίο όταν θέλουμε να μιλήσουμε για το νόμο της ελεύθερης πτώσης: Όταν ένα σώμα αφήνεται να πέσει από ένα σημείο όπου είναι ακίνητο, το σώμα αυτό εμφανίζει μια *σταθερή επιτάχυνση και η απόσταση που διανύει είναι ανάλογη με το τετράγωνο του χρόνου πριν ακινητοποιηθεί*. Ο Γαλιλαίος πρέπει να κατέληξε σε αυτό το συμπέρασμα το 1604, αν και η λεπτομερής ανάλυση του νόμου γίνεται στο τελευταίο του βιβλίο σχετικά με τις *Δύο Νέες Επιστήμες...*, που δημοσιεύθηκε το 1638. Σύντομη αναφορά γίνεται και στο έργο του *Διάλογοι Σχετικά με τα Δύο Κύρια Συστήματα του Κόσμου, το Πτολεμαϊκό και το Κοπερνίκειο* του 1632.

Η σύσταση, το βάρος, ο όγκος και το σχήμα των σωμάτων *δεν* επηρεάζουν την επιτάχυνση, η οποία είναι μία σταθερή της φύσης με τη βοήθεια της οποίας μπορεί να διατυπωθεί ο νόμος. Επειδή δε κατά το Γαλιλαίο «το μεγάλο βιβλίο της φύσης είναι γραμμένο με γεωμετρικούς χαρακτήρες», η διατύπωση των νόμων με μαθηματική μορφή θα οδηγούσε σε ποσοτικές μετρήσεις που θα μπορούσαν να ελέγξουν την εγκυρότητα των νόμων. Έτσι, με την έμφαση στην ανακάλυψη των νόμων, στην έκφρασή τους με μαθηματική μορφή και τον πειραματικό τους έλεγχο, η μεθοδολογία που άρχισε να διαμορφώνει ο Γαλιλαίος ήταν μία μεθοδολογία με την οποία βαθμιαία άρχισε η υπονόμηση της αριστοτελικής άποψης για την αναζήτηση των πρώτων αιτιών. Αυτό ήταν και το βασικό σημείο σύγκρουσής του με την αριστοτελική παράδοση. Αυτό για εμάς σήμερα φαίνεται αυτονόητο. Δεν ήταν όμως αυτονόητο την εποχή του Γαλιλαίου και χρειάστηκε να περάσουν πολλές δεκαετίες ώσπου να γίνει αποδεκτός και να καθιερωθεί ο νέος τρόπος μελέτης της φύσης. Με το Γαλιλαίο γίνεται δυνατό να βρεθούν αυστηρά μαθηματικές αποδείξεις των προτάσεων που κρύβουν τα χαρακτηριστικά της κίνησης, να αναπτυχθεί η γλώσσα της φυσικής επιστήμης και να «ανακριθεί» η φύση με πειράματα.

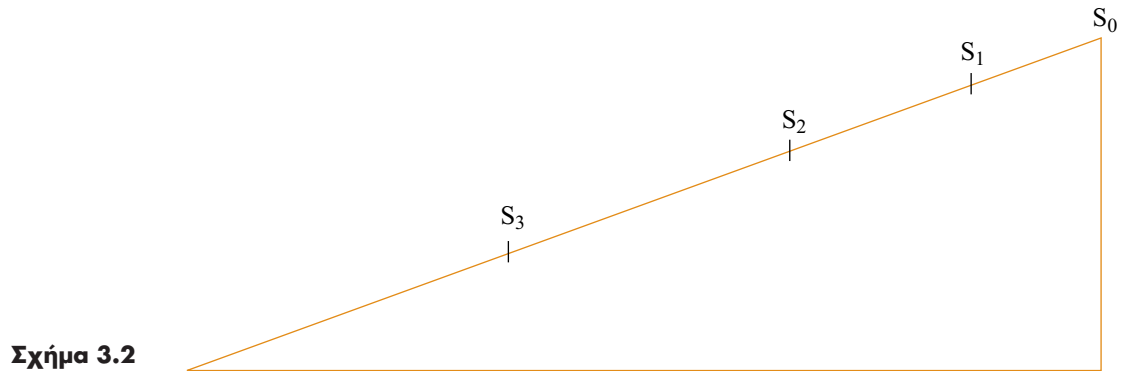
Ας επιστρέψουμε στο νόμο της ελεύθερης πτώσης. Αν υπήρχε κενό ανάμεσα στο αρχικό και τελικό σημείο της πτώσης, τότε ο νόμος θα ίσχυε με απόλυτη ακρίβεια. Το γεγονός ότι ένα φτερό και ένα κομμάτι σιδήρου, αρχίζουν να πέφτουν από το ίδιο σημείο, δε φτάνουν την ίδια στιγμή στο έδαφος οφείλεται στην αντίσταση του αέρα. Λέγεται ότι ο Γαλιλαίος χρησιμοποίησε τον Πύργο της Πίζας για να επιδείξει την ορθότητα του νόμου του, αλλά δεν έχουμε αρκετά στοιχεία για να τεκμηριώσουμε κάτι τέτοιο. Ενώ, αντίθετα, έχουμε στοιχεία ότι κάποιοι πριν από το Γαλιλαίο είχαν κάνει αντίστοιχα πειράματα και είχαν «μυριστεί» το ίδιο φαινόμενο, χωρίς να είναι όμως σε θέση να το ερμηνεύσουν. Βέβαια, ένα πείραμα στον Πύργο της Πίζας, όπου θα άφηνε δύο διαφορετικά σώματα να πέσουν, δε θα βόλευε καθόλου το Γαλιλαίο, γιατί η επιβεβαίωση του νόμου του θα απαιτούσε όργανα μεγάλης ακρίβειας και υπολογισμό του ρόλου του αέρα. Και τα δύο ήταν αδύνατο να πραγματοποιηθούν στις συνθήκες της εποχής του.

Υπάρχουν όμως πολλές ενδείξεις ότι ο Γαλιλαίος επινόησε το εξής πείραμα. Κατασκεύασε δύο ίδια ορθογώνια παραλληλεπίπεδα από δύο διαφορετικά υλικά (ας πούμε από ξύλο και μάρμαρο). Τοποθέτησε την πρώτη φορά το ξύλο πάνω από το μάρμαρο. Τα άφησε να πέσουν και αυτό που έπρεπε να παρατηρηθεί με μεγάλη προσοχή ήταν αν τη στιγμή λίγο πριν αγγίζουν το έδαφος υπήρχε κάποια απόσταση ανάμεσα στα δύο παραλληλεπίπεδα. Στην πρώτη περίπτωση παρατήρησε ότι τα σώματα έπεφταν κολλητά μέχρι το τέλος. Στη συνέχεια επανέλαβε το ίδιο πείραμα, τοποθετώντας όμως το μάρμαρο πάνω από το ξύλο. Παρατήρησε ότι, αν τα άφηνε να πέσουν, και πάλι δεν υπήρχε καμία απόσταση ανάμεσα στα δύο σώματα. Τώρα, αν η επιτάχυνση του ξύλου ήταν μεγαλύτερη από την επιτάχυνση του μαρμάρου, τότε στο πρώτο πείραμα δε θα υπήρχε απόσταση (γιατί το ξύλο θα «έσπρωχνε» το μάρμαρο), αλλά στο δεύτερο πείραμα θα υπήρχε, αφού το ξύλο θα αποκτούσε μεγαλύτερη ταχύτητα. Αν πάλι η επιτάχυνση του μαρμάρου ήταν μεγαλύτερη απ' ό,τι του ξύλου, τότε θα παρατηρούνταν απόσταση στο τέλος του πρώτου πειράματος. Προφανώς το πείραμα επαναλήφθηκε με την ίδια διάταξη, αλλά με τα δύο σώματα να έχουν διαφορετική μάζα και διαφορετικό βάρος.

Θα μπορούσε βέβαια το αποτέλεσμα αυτό να ερμηνευτεί και με έναν άλλο τρόπο. Αν η επιτάχυνση εξαρτιόταν από το υλικό με το οποίο είναι φτιαγμένο ένα σώμα, και για να προκύψουν τα ίδια αποτελέσματα με αυτά που είχαν παρατηρηθεί, θα έπρεπε, αν π.χ. η επιτάχυνση στο ξύλο ήταν μεγαλύτερη από το μάρμαρο, η αντίσταση του αέρα στο μάρμαρο θα έπρεπε να ήταν μικρότερη απ' ό,τι η αντίσταση του αέρα στο ξύλο που θα ήταν μεγαλύτερη. Αν, τώρα, η επιτάχυνση στο μάρμαρο ήταν μεγαλύτερη από αυτή στο ξύλο, τότε η αντίσταση του αέρα στο ξύλο θα ήταν μικρότερη απ' ό,τι η αντίσταση του αέρα στο μάρμαρο. Η ερμηνεία αυτή δε φαινόταν πειστική. Η «διαίσθηση» του Γαλιλαίου τον ώθησε να επιμείνει στην αρχική διατύπωση του νόμου, όπου η επιτάχυνση ήταν η ίδια για όλα τα σώματα ανεξάρτητα από το είδος του υλικού τους. Η διατύπωση αυτή τον οδήγησε στη διερεύνηση και απόδειξη της σωστής σχέσης ανάμεσα στην απόσταση που διανύει ένα σώμα σε ελεύθερη πτώση, το χρόνο που κάνει για να τη διανύσει, την τελική του ταχύτητα, που αποκτάει στο τέλος της διαδρομής του και τη σταθερή επιτάχυνση.

### 3.3.1.1 Το πρόβλημα της ελεύθερης πτώσης

Από το 14ο αιώνα ήταν ήδη γνωστός ο κανόνας του Merton. Το όνομά του το είχε πάρει από το ομώνυμο κολέγιο του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης, όπου είχαν γίνει και οι αντίστοιχες παρατηρήσεις. Παρακάτω έχουμε τη διατύπωση του κανόνα του Merton.



Σχήμα 3.2

Αν το  $S_1 = 1$ , τότε

$$S_2 - S_1 = 3$$

$$S_3 - S_2 = 5$$

$$S_4 - S_3 = 7$$

κ.ο.κ.

Ο νόμος αυτός ήταν γνωστός ως ο νόμος των «περιττών αριθμών». Ας τονίσουμε ότι η επιλογή της όποιας μονάδας για τη μέτρηση του χρόνου και της απόστασης είναι κάτι το αυθαίρετο. Όταν όμως γίνει η επιλογή να χρησιμοποιηθεί μία συγκεκριμένη μονάδα, το άτομο που πραγματοποιεί το πείραμα είναι υποχρεωμένο να μείνει συνεπές στη συγκεκριμένη επιλογή. Έτσι, αν το  $S_1$  είναι η απόσταση που διανύει η σφαίρα που κυλάει στο κεκλιμένο επίπεδο στο τέλος της πρώτης μονάδας χρόνου, τότε οι αποστάσεις  $S_2$ ,  $S_3$  κτλ. θα καθορίζονται στο τέλος της δεύτερης μονάδας χρόνου, στο τέλος της τρίτης μονάδας χρόνου κτλ. Ο Γαλιλαίος θέλησε να επαναλάβει τα πειράματα αυτά στις αρχές του 17ου αιώνα. Αν κατάφερε να επιβεβαιώσει τα αποτελέσματα με ακριβείς μετρήσεις, θα είχε μία ακόμη σημαντικότερη ένδειξη για την εγκυρότητα της πρότασής του για την επιτάχυνση των σωμάτων στην ελεύθερη πτώση, αφού η κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο ήταν αποκλειστικά το αποτέλεσμα της επιτάχυνσης που προσέδιδε η Γη στα σώματα. Απλώς η κίνηση στα κεκλιμένα επίπεδα ήταν μια πιο «τιθασευμένη» κίνηση, μια κίνηση που θα μπορούσε να μελετηθεί πολύ ευκολότερα από την ελεύθερη πτώση.

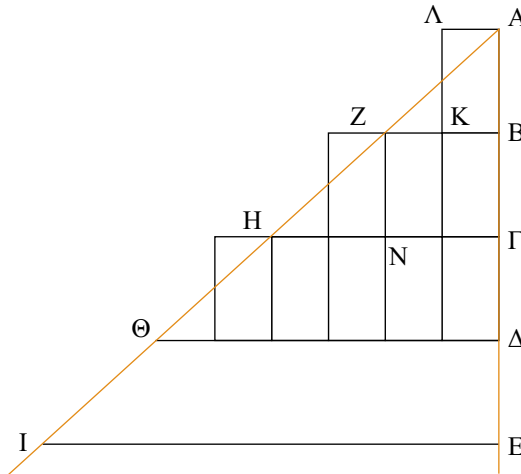
Πώς κατάφερε ο Γαλιλαίος να προσδιορίσει αυτές τις μονάδες χρόνου; Το ερώτημα προφανώς έχει ενδιαφέρον, ακριβώς επειδή στην εποχή του Γαλιλαίου δεν υπήρχαν μηχανικά ρολόγια που να μπορούν να μετρούν το χρόνο με την ακρίβεια που απαιτείται γι' αυτά τα πειράματα. Ας αφήσουμε όμως το Γαλιλαίο να μας αφηγηθεί πώς

πραγματοποίησε τα πειράματά του και πώς μετρούσε το χρόνο.

*Πήραμε ένα κομμάτι ξύλου με διαστάσεις περίπου 12 κύβιτα [κύβιτο είναι η απόσταση από τους αγκώνες ως την άκρη των δακτύλων] μήκος, μισό κύβιτο πλάτος και πάχος τρία δάκτυλα. Στην επάνω άκρη κάναμε μια τομή και δημιουργήσαμε ένα αυλάκι λίγο περισσότερο από το πάχος ενός δακτύλου. Το αυλάκι αυτό το επενδύσαμε με μια περγαμινή και το γυαλίσαμε, για να γίνει όσο το δυνατό πιο λείο, ώστε να κυλάει [χωρίς δυσκολίες] μια εντελώς στρογγυλή και λεία σφαίρα κατασκευασμένη από το σκληρότερο χαλκό. Αφού τοποθετήσαμε το κομμάτι ξύλου σε κεκλιμένη θέση σηκώνοντας το ένα άκρο του περίπου ένα με δύο κύβιτα, αφήσαμε τη σφαίρα να κυλήσει στο αυλάκι, σημειώνοντας, με τρόπους που θα εξηγήσουμε σε λίγο, το χρόνο που χρειάστηκε για να ολοκληρώσει την κάθοδο. Επαναλάβαμε το πείραμα περισσότερες από μία φορές, για να είμαστε σίγουροι για το χρόνο καθόδου, και βρήκαμε πως η απόκλιση ανάμεσα σε δύο παρατηρήσεις ποτέ δεν ήταν παραπάνω από ένα δέκατο ενός [καρδιακού] παλμού. Αφού εκτελέσαμε το εγχείρημα ώσπου να σιγουρευτούμε για την αξιοπιστία του, αφήσαμε κατόπιν τη σφαίρα να κυλήσει μόνο στο ένα τέταρτο του μήκους του αυλακιού. Μετρώντας το χρόνο καθόδου, βρήκαμε ότι είναι ακριβώς το μισό του προηγούμενου. Ύστερα εργαστήκαμε με άλλες αποστάσεις, συγκρίνοντας το χρόνο [που απαιτήθηκε] για το συνολικό μήκος με αυτόν [που απαιτήθηκε] για το μισό ή για τα δύο τρίτα ή για τα τρία τέταρτα ή για όποιο άλλο κλάσμα. Σε αυτά τα πειράματα που επαναλήφθηκαν εκατό φορές βρήκαμε πάντοτε πως οι λόγοι των αποστάσεων [που διένυε η σφαίρα] ήταν ανάλογοι με τους λόγους των τετραγώνων των χρόνων και αυτό ήταν αληθές για κάθε κλίση που είχε το αυλάκι ... Για τη μέτρηση του χρόνου χρησιμοποιήσαμε ένα μεγάλο δοχείο με νερό, το οποίο τοποθετήσαμε σε κάποιο ύψος. Στον πυθμένα του δοχείου προσαρμόστηκε ένας σωλήνας μικρής διαμέτρου από τον οποίο έβγαινε ένας λεπτός πίδακας νερού. Συλλέγαμε το νερό που αντιστοιχούσε σε κάθε κάθοδο σε ένα μικρό κύπελλο ... και ζυγίζαμε το νερό σε μια ζυγαριά ακριβείας. Οι λόγοι των βαρών αντιστοιχούσαν στους λόγους των χρόνων. Και αυτό ήταν τόσο ακριβές που παρά το γεγονός ότι επαναλάβαμε το πείραμα πολλές φορές δεν υπήρξε καμιά αξιοσημείωτη απόκλιση στις τιμές.*

Ας καταλάβουμε τώρα καλά τη γεωμετρική απόδειξη του «νόμου» των περιττών αριθμών. Η απόδειξη αυτή χρησιμοποιεί απλά θεωρήματα της ευκλείδειας γεωμετρίας. Είναι δυνατό να δοθεί ένα φυσικό περιεχόμενο σε αυτά τα μαθηματικά; Ή, όπως θα λέγαμε με μια πιο σύγχρονη γλώσσα, είναι δυνατό να δοθεί μια φυσική ερμηνεία σε αυτή την καθαρά μαθηματική απόδειξη; Η απάντηση είναι ναι, και αυτό

το οφείλουμε στο Γαλιλαίο που μας δίνει τις απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα στο τελευταίο του έργο, *Δύο Νέες Επιστήμες*, γραμμένο το 1638.



Σχήμα 3.3

Ας θεωρήσουμε ότι ο κάθετος άξονας είναι ο άξονας του χρόνου. Αν το  $AB$  είναι η μονάδα χρόνου, τότε  $AB=BG=GD=\dots$  σημαίνει πως χωρίζεται ο άξονας του χρόνου σε ίσα τμήματα που αποτελούν την επανάληψη της μονάδας χρόνου που επιλέγουμε. Ας θεωρήσουμε πως η ευθεία  $AI$  «χαρακτηρίζει» τη συγκεκριμένη κίνηση. Θα μπορούσε να είναι ελεύθερη πτώση, θα μπορούσε να είναι κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο. Σημασία έχει να προχωρήσουμε στο επόμενο βήμα, που είναι να δεχτούμε πως τα ευθύγραμμα τμήματα  $BZ$ ,  $GH$ ,  $\Delta\Theta$  και  $EI$  εκφράζουν την ταχύτητα που έχει ένα σώμα που ξεκινάει από ηρεμία στο  $A$ , στο τέλος της πρώτης μονάδας χρόνου, της δεύτερης μονάδας χρόνου, της τρίτης κλπ. Ποια είναι η ακριβής σχέση ανάμεσα στο μήκος της κάθε ευθείας και την εκάστοτε ταχύτητα θα το βρούμε παρακάτω.

Θα πρέπει, σε αυτό το σημείο, να θυμηθούμε την απόδειξη του Nicolas Oresme, που έχουμε ήδη παρουσιάσει. Ο Oresme είχε αποδείξει πως η απόσταση που διανύει ένα σώμα που κινείται με σταθερή ταχύτητα, μετά από ένα συγκεκριμένο χρόνο, είναι ίση με την απόσταση που διανύει ένα άλλο σώμα που αρχίζει την κίνησή του από θέση ηρεμίας και, στη διάρκεια του ίδιου χρόνου, επιταχύνεται και αποκτά ταχύτητα ίση με το διπλάσιο της ταχύτητας του πρώτου σώματος. Ας δούμε, τώρα, τι γίνεται στο τέλος της πρώτης μονάδας χρόνου. Η απόσταση που έχει διανύσει το σώμα είναι το εμβαδόν του τριγώνου  $ABZ$ , αφού για να βρεθεί η απόσταση πρέπει να πολλαπλασιαστεί ο χρόνος με την ταχύτητα. Το εμβαδόν του τριγώνου είναι  $(\frac{1}{2})(BZ) \times (AB)$  και το οποίο είναι ίσο με το εμβαδόν του ορθογωνίου  $ABK\Lambda$  όπου  $BK = KZ$ . Η φυσική ερμηνεία με τις έως τώρα συμβάσεις μας είναι η εξής: Εάν ένα σώμα ξεκινάει από μια θέση ηρεμίας  $A$ , πέφτει ελεύθερα και στο τέλος της πρώτης μονάδας



χρόνου έχει ταχύτητα (BZ), τότε η απόσταση που έχει διανύσει είναι ίση με την απόσταση που διανύει στη διάρκεια μίας μονάδας χρόνου ένα σώμα που κινείται με *σταθερή* ταχύτητα BK, που είναι η μισή της τελικής ταχύτητας BZ, που αποκτάει το σώμα που είναι σε ελεύθερη πτώση. Μπορούμε σε αυτό το σημείο να θεωρήσουμε πως η πραγματική ταχύτητα είναι το μισό της κάθε ευθείας BZ, ΓH, ΔΘ κλπ.

Τώρα, ας δούμε τι γίνεται στο πιο κρίσιμο τμήμα της απόδειξης. Τι γίνεται στο τέλος της δεύτερης μονάδας χρόνου Γ; Την κίνηση αυτή μπορούμε να τη φανταστούμε με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι να επαναλάβουμε το ίδιο σκεπτικό που αναπτύξαμε, για να κατανοήσουμε την κίνηση στο τέλος της πρώτης μονάδας χρόνου. Αυτό, από μόνο του, δε θα μας δώσει καμία νέα πληροφορία. Αν όμως θεωρήσουμε πως η κίνηση στο τέλος της δεύτερης μονάδας χρόνου μπορεί να «χαρακτηριστεί» ως το «άθροισμα» της κίνησης στο τέλος της πρώτης μονάδας χρόνου και της κίνησης από το τέλος της πρώτης μονάδας χρόνου Β έως το τέλος της δεύτερης μονάδας χρόνου, τότε καταλήγουμε σε πολύ ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Ας κάνουμε την εξής σκέψη. Αν το σώμα στο τέλος της πρώτης μονάδας χρόνου Β συνέχιζε την κίνησή του με σταθερή ταχύτητα, ίση με την ταχύτητα που είχε αποκτήσει στο Β, τότε και στο τέλος της δεύτερης μονάδας χρόνου θα είχε, προφανώς, την ίδια ταχύτητα. Στην πραγματικότητα όμως το σώμα είναι σε ελεύθερη πτώση και άρα επιταχύνεται. Πόσο πρόσθετη ταχύτητα θα αποκτήσει το σώμα στο τέλος της δεύτερης μονάδας χρόνου λόγω της επιτάχυνσης; Τόση όση είχε αποκτήσει στο τέλος της πρώτης μονάδας χρόνου! Γιατί; Διότι *ο νόμος που διατύπωσε ο Γαλιλαίος λέει πως όλα τα σώματα υφίστανται την ίδια σταθερή επιτάχυνση ανά μονάδα χρόνου*. Δηλαδή ότι η ταχύτητα αυξάνεται με ένα σταθερό, και άρα προβλέψιμο, ρυθμό. Άρα, αν επιλέξουμε μια συγκεκριμένη μονάδα χρόνου και αφήσουμε να πέσει ένα σώμα από μια θέση ηρεμίας, η ταχύτητα που θα έχει αποκτήσει το σώμα στο τέλος αυτής της μονάδας χρόνου θα είναι η ταχύτητα που αποκτάται από το μηδέν μονάχα λόγω επιτάχυνσης. Και άρα τόση και μόνο τόση θα είναι η ταχύτητα που αποκτάται από την επιτάχυνση στο τέλος της όποιας μονάδας χρόνου. Η υπόλοιπη ταχύτητα θα είναι η ταχύτητα που έχει στο μεταξύ αποκτηθεί στη διάρκεια των προηγούμενων μονάδων χρόνου. Έτσι λοιπόν το εμβαδόν του ορθογωνίου BΓNΖ είναι η απόσταση που θα διένυε το σώμα αν κινούνταν με τη σταθερή ταχύτητα, ίση με αυτή που είχε αποκτήσει στο τέλος της πρώτης μονάδας χρόνου. Για να βρεθεί η πραγματική απόσταση, θα πρέπει να προστεθεί και το εμβαδόν του τριγώνου ZNH που είναι ίσο με το ABZ. Το ίδιο σκεπτικό μπορεί να επαναληφθεί και για την τρίτη μονάδα χρόνου.

Ο κανόνας του Merton προκύπτει με τη μέτρηση των μικρών ορθογωνίων ανάμεσα στις δύο μονάδες: 1, 3, 5, 7... Αυτό όμως που έχει εξαιρετική σημασία και πρέπει

να τονιστεί είναι ότι τον κανόνα αυτό ο Γαλιλαίος τον αποδεικνύει μαθηματικά κάνοντας χρήση ενός φυσικού νόμου.

Υπάρχει όμως κάτι ακόμη. Ο ίδιος ο κανόνας του Merton πρέπει να αποκτήσει φυσικό περιεχόμενο. Ο Γαλιλαίος προχώρησε με τον εξής τρόπο. Χρησιμοποίησε λόγους όπου εξαφανίζονται οι άγνωστες σταθερές. Γνωρίζουμε ότι η απόσταση είναι ανάλο-

γη με την ταχύτητα πολλαπλασιαζόμενη με το χρόνο  $[S \propto v \times t]$ . Άρα  $\frac{S_2}{S_1} = \frac{v_2}{v_1} \times \frac{t_2}{t_1}$ .

Από το σχήμα και με βάση θεωρήματα της γεωμετρίας για αναλογίες έχουμε  $\Gamma\text{H}/\text{BZ} = \text{A}\Gamma/\text{A}\text{B}$ . Ο πρώτος λόγος είναι λόγος ταχυτήτων και ο δεύτερος είναι λόγος χρό-

νων. Προχωρώντας στην αντικατάσταση  $\frac{v_2}{v_1}$  με  $\Gamma\text{H}/\text{BZ}$  έχουμε  $\frac{S_2}{S_1} = \frac{t_2^2}{t_1^2}$ .

Αυτό ήταν ένα ιδιαίτερα σημαντικό αποτέλεσμα, διότι αποδεικνύει πως η απόσταση που διανύεται στην ελεύθερη πτώση είναι ανάλογη με το τετράγωνο του χρόνου και όχι ανάλογη του χρόνου, όπως νόμιζαν ότι ισχύει μέχρι τότε. Αν τώρα χρησιμοποιήσουμε αυτό το αποτέλεσμα, τότε βλέπουμε ότι προκύπτει ο κανόνας του Merton.

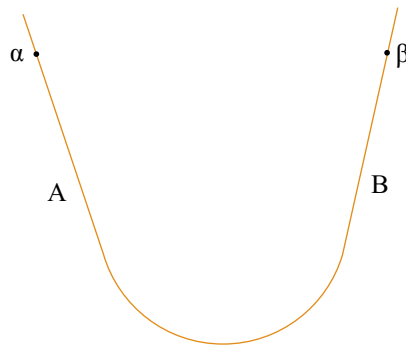
Ας υπενθυμίσουμε ότι ο κανόνας του Merton είχε αρχικά διατυπωθεί με αφορμή παρατηρήσεις με σφαίρες που κυλούσαν σε κεκλιμένα επίπεδα. Ο Γαλιλαίος είχε επιβεβαιώσει τον κανόνα αυτό πάλι με πειράματα σε κεκλιμένα επίπεδα. Η απόδειξη όμως του κανόνα του Merton μέσω της διερεύνησης της ελεύθερης πτώσης υπονοούσε μια σχέση ανάμεσα στην κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο και στην ελεύθερη πτώση. Βέβαια, κάτι τέτοιο ήταν ήδη στον «αέρα», αφού ο κανόνας του Merton ίσχυε για όλα τα κεκλιμένα επίπεδα ανεξάρτητα της γωνίας τους. Η ελεύθερη πτώση ήταν ουσιαστικά η κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο με γωνία  $90^\circ$ ! Όλα αυτά οδηγούσαν στην υπόθεση ότι η κίνηση μιας σφαίρας σε κεκλιμένο επίπεδο ήταν αποτέλεσμα του νόμου της επιτάχυνσης και των περιορισμών (δηλαδή της κλίσης του επιπέδου) του συγκεκριμένου κεκλιμένου επιπέδου.

Μέσα από αυτούς τους συλλογισμούς, ο Γαλιλαίος άρχισε να διερευνά κατά πόσο η οριζόντια κίνηση ήταν ανεξάρτητη από την κατακόρυφη. Αν οι δύο κινήσεις ήταν ανεξάρτητες (δηλαδή αν οι νόμοι που διέπουν τη μία δεν επηρεάζουν την άλλη), τότε, αν τοποθετούσε ένα σώμα σ' ένα επίπεδο σε κάποιο ύψος από την επιφάνεια της Γης και το εκτόξευε σε οριζόντια κατεύθυνση, το σώμα αυτό θα έφτανε στην επιφάνεια της Γης την ίδια στιγμή με ένα σώμα που θα έπεφτε ελεύθερα από το ίδιο ύψος. Και ότι αυτό θα ίσχυε ανεξάρτητα από το πόσο δυνατά θα εκτόξευε το σώμα. Οι όποιες διαφορές προέκυπταν θα οφείλονταν στην αντίσταση του αέρα. Ο Γαλιλαίος κατάφερε να αποδείξει την ορθότητα αυτής της σκέψης και να οδηγηθεί επίσης και στο

συμπέρασμα ότι οι τροχιές των σωμάτων που τους προσδίδεται μια αρχική οριζόντια κίνηση ήταν η παραβολική. Σημειώστε ότι μιλάμε για κίνηση και αποφεύγουμε τη χρήση της έννοιας της δύναμης, που ουσιαστικά συναντάμε στο Νεύτωνα προς το τέλος του 17ου αιώνα, και βεβαίως δε χρησιμοποιούμε την έννοια της ενέργειας, η οποία διαμορφώθηκε στα μέσα του 19ου αιώνα.

### 3.3.1.2 Το πρόβλημα της αδράνειας

Ένα από τα πολυσυζητημένα θέματα σχετικά με το Γαλιλαίο είναι το πρόβλημα της αδράνειας. Όπως θα δούμε στο κεφάλαιο με το Νεύτωνα, η διατύπωση αυτής της αρχής σηματοδοτεί και τη βαθιά ρήξη με τις θεωρίες κίνησης που αφετηρία είχαν την αριστοτελική παράδοση. Βέβαια, η εξαιρετικά περιεκτική και κομψή διατύπωση του Νεύτωνα ήταν ουσιαστικά μία σύνθεση απόψεων και σκέψεων που ήδη κυκλοφορούσαν. Ο Γαλιλαίος πλησίασε πολύ κοντά στη διατύπωση της αρχής της αδράνειας. Η αφετηρία του φαίνεται να ήταν ένα νοητικό πείραμα.



**Σχήμα 3.4**

Στο Σχήμα απεικονίζεται η διάταξη του πειράματός του. Μετά από πάρα πολλές δοκιμές και βελτιώσεις της σφαιρικότητας του σώματος και της λείανσης των επιφανειών, ο Γαλιλαίος παρατήρησε ότι, αν ένα σώμα άρχισε να κινείται από θέση ηρεμίας από ένα τυχαίο σημείο α, τότε στο επίπεδο Β σταματούσε πάντοτε πριν από το β, που ήταν στο ίδιο ύψος με το α, πριν αρχίσει να κινείται στην αντίθετη κατεύθυνση. Μάλιστα, όσο πιο τέλεια ήταν η σφαιρικότητα της σφαίρας και όσο πιο λείο το επίπεδο, τόσο πλησίαζε στο β, αλλά ποτέ δεν το έφτανε και βεβαίως ποτέ δεν το περνούσε. Και αυτό ίσχυε ανεξάρτητα της σχετικής κλίσης ανάμεσα στα επίπεδα. Ο Γαλιλαίος τότε συμπέρανε ότι, αν το επίπεδο Β ήταν οριζόντιο, τότε το σώμα θα κινούνταν επ' αόριστο. Και αυτό θα ίσχυε όσο μεγάλη και αν ήταν η γωνία ανάμεσα στα επίπεδα, δηλαδή όσο μικρή και αν ήταν η αρχική ώθηση.

### 3.3.2 Descartes (1596–1650)

#### 3.3.2.1 Ορισμός και χαρακτηριστικά της κίνησης

Τα σώματα κατά τον Descartes διακρίνονται μεταξύ τους από το σχήμα και το μέγεθός τους και είναι η κίνηση των μερών της ύλης που ευθύνεται γι' αυτά. Καθώς το μόνο που αναγνωρίζει ως αληθινό στα σώματα είναι η έκταση και καθώς έκταση και χώρος ταυτίζονται, η κίνηση δε νοείται ως οποιαδήποτε μεταβολή, όπως υποστήριζαν οι σχολαστικοί αριστοτελικοί, αλλά ως μεταβολή τόπου. Σαφής ορισμός της κίνησης δίνεται μόνο στο *Principes de la Philosophie* (1640–44). Σύμφωνα με αυτόν «κίνηση είναι η μεταφορά ενός τμήματος ύλης ή ενός σώματος από τη γειτνίαση των σωμάτων που το αγγίζουν άμεσα και τα οποία θεωρούνται ότι ηρεμούν στη γειτνίαση άλλων». Πρόκειται για έναν ορισμό που ερχόταν σε άμεση σύγκρουση με την κοινή –όπως ο ίδιος λέει– αντίληψη για την κίνηση ως δράση.

Η κίνηση διακρίνεται από τη δράση για δύο κυρίως λόγους: Αν η κίνηση αποτελούσε δράση, τότε η ηρεμία, που είναι μια κατάσταση αντίθετη της κίνησης, θα αποτελούσε ουσιαστικά έλλειψη δράσης. Όμως κάτι τέτοιο δεν ισχύει, γιατί για τον Descartes «η ίδια δράση είναι απαραίτητη και για την κίνηση και για την ηρεμία». Έτσι, μπορεί η κίνηση να αφορά σε μεταφορά και η ηρεμία σε μη μεταφορά, αλλά για να κινηθεί, όπως και για να ηρεμήσει, ένα σώμα χρειάζεται την επίδραση κάποιας εξωτερικής δύναμης, αφού το ίδιο το σώμα δε διαθέτει ούτε τη δύναμη να κινηθεί ούτε τη δύναμη να ηρεμήσει. Η ίδια αυτή κοινή αντίληψη για την κίνηση ως δράση είχε και μια επιπλέον συνέπεια: θεωρούσε την κίνηση ως αιτία, ως ιδιότητα δηλαδή του σώματος που προκαλεί την κίνηση στο άλλο σώμα και όχι ως ιδιότητα του ίδιου του κινούμενου σώματος. Για τον Descartes όμως είναι απαραίτητο να γίνεται διαχωρισμός ανάμεσα στην κίνηση ως μορφή του σώματος και στην αιτία της κίνησης, που είναι γι' αυτόν ο Θεός.

Διακρίνει ακόμα τη δύναμη της κίνησης από την κατεύθυνση της κίνησης, θεωρώντας αυτά τα δύο ξεχωριστά και ανεξάρτητα, με διαφορετικές το καθένα αιτίες. Έτσι η δύναμη της κίνησης είναι αυτή που του προσδίδει την ανάλογη ταχύτητα, ενώ η κίνηση κάθε μέρους του σώματος σε σχέση με το περιβάλλον του «με τέτοιο τρόπο που να είναι λιγότερο δύσκολη γι' αυτό» είναι αυτή που καθορίζει την κατεύθυνσή του. Δεν αποδίδει επομένως στην κίνηση την ιδιότητα της κατεύθυνσης αλλά μόνο της ταχύτητας.

Η αδυναμία ύπαρξης κενού έχει μια επιπλέον συνέπεια για τη φύση της κίνησης. Μέσα στον πλήρη κόσμο του Descartes, ένα κινούμενο σώμα θα συναντήσει ένα άλλο σώμα, το οποίο θα σπρώξει για να πάρει τη θέση του κλπ. Η κίνηση δηλαδή προκαλεί μια αλυσίδα κινήσεων που καταλήγει στο να κινηθεί και πάλι το πρώτο

σώμα στην αλυσίδα, δημιουργώντας έτσι έναν κύκλο και θεωρώντας την κίνηση απείρως κυκλική.

Ο Descartes εκλαμβάνοντας την κίνηση ως μεταφορά από τον ένα τόπο στον άλλο προϋπέθετε κάποιο πλαίσιο αναφοράς, του οποίου η επιλογή φαινόταν αυθαίρετη και επομένως επικίνδυνη. Εξίσου αυθαίρετη φαινόταν και η επιλογή μεταξύ του σώματος που κινείται και αυτού που ηρεμεί. Για να δικαιολογήσει την επιλογή του πλαισίου αναφοράς, ο Descartes υποστήριξε ότι σε κάθε σώμα αντιστοιχεί μια και μοναδική κίνηση, αφού ένα είναι το σώμα με το οποίο γειτνιάζει άμεσα σε ένα δεδομένο χρόνο. Επίσης για να αποφύγει την αυθαίρετη επιλογή ανάμεσα στο σώμα που κινείται και στο αντίστοιχο που ηρεμεί, υποστήριξε ότι ουσιαστικά η κίνηση ανήκει ταυτόχρονα και στα δύο σώματα. Έτσι, όταν λέμε ότι κάτι κινείται, σε σχέση με κάτι άλλο που ηρεμεί, αναφερόμαστε ουσιαστικά σε δύο σώματα τα οποία απομακρύνονται το ένα από το άλλο και δεν είναι το ένα που κινείται μακριά από το άλλο, αλλά και τα δύο μετέχουν ισότιμα στην κίνηση.

### 3.3.2.2 Οι αιτίες της κίνησης

Για να τεθούν τα σώματα σε κίνηση αλλά και για να ηρεμήσουν, απαιτείται η επίδραση κάποιας δύναμης, εξωτερικής προς αυτά. Σύμφωνα με τον Descartes, κατά τη δημιουργία των σωμάτων ως τμήματα ύλης ο Θεός έδωσε σε κάποια κίνηση και σε κάποια ηρεμία καθορίζοντας ταυτόχρονα το συνολικό ποσό κίνησης στον κόσμο. Το ποσό αυτό, από τη στιγμή που τα σώματα δεν μπορούν από μόνα τους να κινηθούν ή να ηρεμήσουν και επομένως να ελαττώσουν ή να παραγάγουν νέα κίνηση, αλλά και λόγω της αμετάβλητης φύσης του Θεού, διατηρείται σταθερό.

Αφού ο Θεός είναι η πρώτη αιτία της κίνησης, τα επιμέρους φαινόμενα —δηλαδή όλες οι παρατηρήσιμες αλλαγές— περιγράφονται με τους νόμους της φύσης. Καθώς όλες οι αλλαγές νοούνται, στο σύστημα του Descartes, ως κινήσεις, τότε και οι νόμοι της φύσης αφορούν στην κίνηση. Οι νόμοι της φύσης, όπως λέει στο *Le Monde* (1629–33), είναι νόμοι που αφορούν στην υλική έκταση και έχουν ως σκοπό την περιγραφή των συγκρούσεων των σωματιδίων.

**Νόμος αδράνειας.** Ο νόμος αυτός περιγράφηκε με παρόμοιο τρόπο στο *Le Monde* (πρώτος νόμος) και στο *Principes* (πρώτος νόμος, 1641) και θεωρείται σήμερα πρόδρομος του νευτώνειου νόμου περί αδράνειας. Αφορά στη διατήρηση της κινητικής κατάστασης των σωμάτων και δικαιολογείται με δύο τρόπους. Εφόσον η αιτία της κίνησης είναι εξωτερική, τότε το εκάστοτε σώμα παραμένει στην κατάστασή του, εκτός αν αναγκαστεί λόγω κάποιας εξωτερικής αιτίας να την αλλάξει. Γράφει ο Descartes στο *Le Monde*: «κάθε μέρος της ύλης, μόνο του, συνεχίζει να είναι στην

ίδια κατάσταση, μέχρι η σύγκρουση με άλλα να το αναγκάσει να αλλάξει, και από τη στιγμή που θα αρχίσει να κινείται θα συνεχίσει να κινείται με την ίδια δύναμη, μέχρι κάτι να το σταματήσει ή να του ελαττώσει την κίνηση». Εκείνο ωστόσο που διαφαίνεται στο *Le Monde*, και με πιο σαφή τρόπο στο *Principes*, είναι το γεγονός ότι ο Descartes θεωρεί την κίνηση αλλά και την ηρεμία καταστάσεις της ύλης, η διατήρηση των οποίων είναι στη φύση των σωμάτων. Έτσι κάθε σώμα έχει την ιδιότητα να αντιστέκεται στην αλλαγή της κατάστασής του και αυτό δηλώνει με πιο σαφή τρόπο η φράση «όσο μπορεί», στον ίδιο νόμο, όπως αυτός περιγράφεται στο *Principes*, και έχει ως εξής: «κάθε σώμα, όσο είναι απλό και αδιαίρετο, πάντα παραμένει όσο μπορεί στην ίδια κατάσταση, ούτε ποτέ αλλάζει παρά από εξωτερικές αιτίες. Και έτσι συμπεραίνουμε ότι, όταν ένα σώμα κινείται, πάντα κινείται όσο μπορεί».

**Νόμος διατήρησης του συνολικού ποσού της κίνησης.** «Όταν ένα σώμα σπρώχνει ένα άλλο, δεν μπορεί να του δώσει καμία κίνηση χωρίς να χάσει την ίδια στιγμή τόση δική του ή δεν μπορεί να πάρει κάποια από την κίνηση του άλλου αν δεν ελαττωθεί η κίνησή του το ίδιο» (*Le Monde*, νόμος δεύτερος). Πρόκειται για το νόμο της διατήρησης του συνολικού ποσού της κίνησης, όπου ο Descartes υποστηρίζει ότι το συνολικό ποσό παραμένει σταθερό, ενώ αυτό που συμβαίνει ουσιαστικά είναι να αναδιανέμεται απλώς η κίνηση ανάμεσα στα σώματα. Η αλήθεια αυτού του νόμου στηριζόταν στην αντίληψη περί αμεταβλητότητας του Θεού. Και ενώ στην αρχή κάνει λόγο για ποσό κίνησης, σε μια πιο λεπτομερή του ανάλυση εισάγει την έννοια της δύναμης της κίνησης, διακρίνοντας δύο περιπτώσεις, τις οποίες θα αναπτύξει περαιτέρω στον τρίτο νόμο των *Principes*. Αυτές είναι, πρώτον, η περίπτωση που η δύναμη της κίνησης ενός σώματος είναι πιο μεγάλη από τη δύναμη αντίστασης του συγκρουόμενου, οπότε το κινούμενο σπρώχνει το αντιστεκόμενο και, δεύτερον, η περίπτωση κατά την οποία η δύναμη κίνησης είναι μικρότερη από τη δύναμη αντίστασης, οπότε το σώμα που κινείται συγκρούεται και αλλάζει πορεία.

**Τάση για κίνηση σε ευθεία γραμμή ή νόμος για τη φυγόκεντρο δύναμη.** Ο Θεός δρα, σύμφωνα με τον Descartes, στιγμιαία, γι' αυτό και η κίνηση που δίνει, και η οποία πρέπει να είναι λόγω του στιγμιαίου απλή, είναι ευθύγραμμη. Έτσι κάθε σώμα έχει από τη φύση του την τάση να κινείται σε ευθεία γραμμή, ακόμα και αν η κίνησή του είναι τελικά, λόγω επιδράσεων από το περιβάλλον, τελείως διαφορετική. Στον τρίτο νόμο του *Le Monde* λέει: «Όταν ένα σώμα κινείται, ακόμα και αν η κίνησή του είναι πολύ συχνά σε καμπύλο μονοπάτι... ωστόσο καθένα από τα τμήματά του ξεχωριστά πάντα τείνει να συνεχίσει την κίνησή του σε ευθεία γραμμή» και με παρόμοιο τρόπο στο *Principes* «κάθε τμήμα της ύλης ξεχωριστά ποτέ δεν τείνει να συνεχίσει να κινείται σε οποιαδήποτε καμπύλη αλλά μόνο σε ευθείες γραμμές». Ο νόμος αυτός

ονομάστηκε αργότερα νόμος για τη φυγόκεντρο κίνηση. Στην ανάλυσή του δεν επιχειρεί να εξηγήσει γιατί το σώμα κινείται κυκλικά, αλλά ποια είναι η τάση του από τη στιγμή που κινείται κυκλικά. Υποστηρίζει επομένως ότι ένα σώμα που κινείται κυκλικά έχει την τάση να κινηθεί στην εφαπτομένη του κύκλου λόγω δύο δυνάμεων: μιας αδρανειακής κάθετης μακριά από το κέντρο, δηλαδή της φυγόκεντρου, και μιας επίσης αδρανειακής κυκλικής κίνησης. Αποδέχεται έτσι τελικά δύο αδρανειακές κινήσεις: την ευθύγραμμη και την κυκλική.

**Συγκρούσεις σωμάτων.** Στον πλήρη κόσμο του Descartes, κάθε σώμα βρίσκεται πάντα σε επαφή με κάποιο άλλο και η κίνησή του συνεπάγεται αναγκαστικά τη σύγκρουσή του με κάποιο άλλο σώμα που βρίσκεται στο άμεσο περιβάλλον του. Από τη στιγμή που τα δύο σώματα συγκρούονται, είναι στη φύση τους να τείνουν να διατηρήσουν την κατάστασή τους, αλλά καθώς κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό και για τα δύο, είναι αναγκαίο να διευκρινιστεί ποιο από τα δύο θα αναγκαστεί τελικά να μεταβάλει την κατάστασή του. Λέει έτσι στον τρίτο νόμο των *Principes* (ο οποίος αποτελεί την προέκταση του νόμου περί διατήρησης του συνολικού ποσού της κίνησης): «Όταν ένα κινούμενο σώμα συγκρούεται με ένα άλλο και έχει λιγότερη δύναμη για να συνεχίσει σε ευθεία γραμμή απ' ό,τι το άλλο για να αντισταθεί, τότε εκτρέπεται σε άλλη κατεύθυνση, διατηρώντας την κίνησή του. Αλλά αν έχει περισσότερη, τότε μετακινεί το άλλο σώμα και δίνει στο άλλο τόση κίνηση όση χάνει το ίδιο. Οι συγκρούσεις λοιπόν που μπορούν να προκύψουν είναι δύο ειδών:

- Σύγκρουση σωμάτων που κινούνται σε αντίθετη (ή και στην ίδια) κατεύθυνση και στις οποίες τα σώματα μπορεί να έχουν:
  - ίσες μάζες και ταχύτητες,
  - άνισες μάζες και ίσες ταχύτητες και
  - ίσες μάζες και άνισες ταχύτητες.
- Σύγκρουση ενός σώματος που κινείται με ένα σώμα που ηρεμεί και στην οποία μπορεί:
  - το σώμα που ηρεμεί να είναι μεγαλύτερο από το σώμα που κινείται,
  - το σώμα που ηρεμεί να είναι μικρότερο και
  - να είναι και τα δύο ίσα.

### 3.3.3 Νεύτωνας (1642–1727)

«*As χαρούν οι θεοί που μια τέτοια και τόσο μεγάλη τιμή ποτέ άλλοτε δεν έγινε στο ανθρώπινο είδος*». Το συναίσθημα αυτό δέους και θαυμασμού που εκφράζεται στην επιτάφια στήλη του Ισαάκ Νεύτωνα συμμερίζονταν αρκετοί σύγχρονοί του. Δεν απο-

τελούσαν ωστόσο αυτά τα μοναδικά συναισθήματα που προκαλούσε η συναναστροφή με μια τόσο πολύπλοκη και για πολλούς «σκοτεινή» προσωπικότητα, όπως ήταν αυτή του Νεύτωνα. Ο βασιλικός αστρονόμος Flamsteed τον έβρισκε, όπως γράφει ο Gillespie στο έργο του *Στην Κόψη της Αλήθειας*, «ύπουλο, φιλόδοξο και αχόρταγο για παινέματα και χωρίς ανοχή προς την αντιλογία... ένας κακός άνθρωπος κατά βάθος.»

Για το δύσκολο και «δυσανάγνωστο» του χαρακτήρα του δε φαίνεται να υπήρχαν σοβαρές διαφωνίες. Και δεν υπάρχουν διαφωνίες ως προς τη σημασία του επιστημονικού του έργου –ένα έργο στο οποίο βρίσκουμε τις μεγάλες συνθέσεις του 17ου αιώνα. Χαρακτηριστική είναι η φράση που λέγεται ότι απηύθυνε ο μαθηματικός Lagrange (1736–1815) στο Ναπολέοντα: «Μόνον ένας Νεύτωνας μπορούσε να υπάρξει και μόνον ένας κόσμος να ανακαλυφτεί». Οι ιστορικοί και μελετητές του έργου του Νεύτωνα συμφωνούν ότι έθεσε τα θεμέλια της σύγχρονης μηχανικής και οπτικής και πέτυχε την ενοποίηση της γήινης και ουράνιας μηχανικής, χρησιμοποιώντας με συνέπεια το πείραμα σε συνδυασμό με τη μαθηματική ανάλυση. Οι ενασχολήσεις και τα ενδιαφέροντα του Νεύτωνα, που μαρτυρούν και τα χειρόγρατά του που έχουν διασωθεί, επιδεικνύουν ένα συνδυασμό θετικιστικής και αποκρυφιστικής δραστηριότητας. Ο Νεύτωνας ασχολήθηκε με τα μαθηματικά, την οπτική και την ουράνια και γήινη μηχανική, αλλά και με την αλχημεία, την εκκλησιαστική ιστορία, τη θεολογία, την προφητεία και τη χρονολόγηση αρχαίων βασιλείων. Η αλχημεία ιδιαίτερα φαίνεται να κατείχε την πρωτοκαθεδρία ανάμεσα στις ασχολίες του, αφού λέγεται ότι ακόμα και κατά τη διάρκεια της συγγραφής των *Principia* ο φούρνος που είχε στην αυλή του δεν έσβησε ποτέ.

Τα πρώτα πειράματα με το φως τα έκανε στο Cambridge το 1662, στις αίθουσες του Trinity College, αφού δεν υπήρχαν ακόμη οργανωμένα εργαστήρια. Σ' αυτές τις αίθουσες κατασκεύασε και το πρώτο κατοπτρικό τηλεσκόπιο. Τα πρώτα του συμπεράσματα αφορούσαν τους δείκτες διάθλασης των χρωμάτων και το σύνθετο χαρακτήρα του λευκού φωτός και τα δημοσίευσε στο περιοδικό *Philosophical Transactions of the Royal Society*, δημοσίευση που προκάλεσε την αντίδραση του Robert Hooke (1635–1703) και οδήγησε σε μια σύγκρουση με το Νεύτωνα. Μια ολοκληρωμένη θεωρία για το φως βρίσκεται τελικά στο βιβλίο που εξέδωσε αμέσως μετά το θάνατο του Hooke στα 1704, με τον τίτλο *Optiks*. Σε αυτό μπορεί κανείς να αποδώσει στο Νεύτωνα τόσο μια κυματική όσο και μια σωματιδιακή θεωρία για το φως, αφού αφήνει υπόνοιες και για τα δύο. Για το Νεύτωνα «λέγοντας φως ανταλαμβάνομαι κάθε οντότητα ή δύναμη μιας οντότητας (είτε ουσία είτε οποιαδήποτε δύναμη, δράση ή ιδιότητά της), που προερχόμενη άμεσα από ένα φωτεινό σώμα έχει την τάση να διεγείρει την όραση».

Από σημειώσεις που κρατούσε ο Νεύτωνας κατά τη διάρκεια των φοιτητικών του χρόνων, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο Νεύτωνας είχε διαβάσει τον Ευκλεί-



δη, τον οποίο όμως βρήκε αρκετά απλοϊκό, γνώριζε τη θεωρία κίνησης του Αριστοτέλη και την αναλυτική γεωμετρία του Descartes. Γνώριζε επίσης τους νόμους του Kepler (με κύρια αναφορά στον τρίτο νόμο, που αφορά στους περιοδικούς χρόνους των πλανητών), τις παρατηρήσεις του Γαλιλαίου για την ελεύθερη πτώση και τη μέθοδο προσεγγιστικής εύρεσης των πλανητικών θέσεων από το *Astronomia Carolina* του Streete. Είχε διαβάσει, τέλος, το *Physiologiae Peripateticae Libri Sex* του Magirus και τα έργα των Henry Moore, Charleton (για τον Gassendi), Wallis (*Arithmetica infinitorum*) και Digby (για το Γαλιλαίο). Οι πρώτες του προσπάθειες αναφέρονται στην ποσοτική αντιμετώπιση προβλημάτων που αφορούσαν ανελαστικές κρούσεις, αντιμετωπίζοντας την αρχή περί διατήρησης της συνολικής ποσότητας της κίνησης με βάση την κατεύθυνση και όχι το μέγεθος και την ταχύτητα των σωμάτων (όπως συνήθιζε ο Descartes στην ανάλυσή του). Στις ίδιες σημειώσεις ανέπτυξε και μια σειρά αξιωμάτων για τις αρχές της αδράνειας, τη σχέση δύναμης και αλλαγής της κίνησης αλλά και κανόνες για την ελαστική κρούση. Είχε αρχίσει ταυτόχρονα να σχηματίζεται στο μυαλό του η ιδέα της φυγόκεντρου δύναμης.

Τι ήταν αυτό που κρατούσε τη Σελήνη στην τροχιά της και δεν έπεφτε και αυτή στη Γη; Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα οδήγησε βαθμιαία το Νεύτωνα στη διατύπωση της θεωρίας της παγκόσμιας έλξης. Αρχικά θεώρησε ότι υπήρχε μία απωθητική φυγόκεντρος δύναμη και είχε αυτή την άποψη μέχρι το 1679, όταν έλαβε ένα γράμμα από το Hooke που μίλαγε για ελκτική κεντρική δύναμη. Στα *Principia*, που δημοσιεύονται το 1687, τη δύναμη αυτή ο Νεύτωνας την ονόμασε *κεντρομόλο*. Στα 1679 ο Hooke, που μόλις είχε διοριστεί γραμματέας της βασιλικής εταιρείας, έστειλε ένα γράμμα στο Νεύτωνα ζητώντας τη γνώμη του για μια «υπόθεσή του». Επρόκειτο για την άποψη ότι οι ουράνιες κινήσεις ήταν συνδυασμός μιας ευθύγραμμης κίνησης πάνω στην εφαπτομένη της τροχιάς και μιας ελκτικής προς το κέντρο. Ο Νεύτωνας αδιαφορώντας για την «υπόθεσή» του, απάντησε στέλνοντάς του ένα γράμμα, στο οποίο υποστήριζε ότι είχε βρει τη λύση σε ένα πρόβλημα που είχε απασχολήσει πολλούς διανοητές: Το πρόβλημα ήταν να βρεθεί η τροχιά που θα έκανε ένα σώμα, αν έπεφτε από έναν πύργο προς το διαπερατό κέντρο της Γης, λαμβάνοντας υπόψη μόνο την ημερήσια περιστροφή της Γης. Ο Νεύτωνας υποστήριξε ότι θα ήταν σπειροειδής, αλλά ο Hooke διαφώνησε προκαλώντας το Νεύτωνα σε μια «σύγκρουση ιδεών» δι' αλληλογραφίας. Το αποτέλεσμα αυτής της σύγκρουσης ήταν να στραφεί ξανά ο Νεύτωνας προς τη βαρύτητα. Στη συνέχεια διατύπωσε την πρόταση ότι, *κάτω από την επίδραση μιας κεντρομόλου δύναμης αντιστρόφως ανάλογης προς το τετράγωνο της απόστασης, ένας πλανήτης οφείλει να περιφέρεται σε έλλειψη γύρω από το κέντρο της δύναμης που βρίσκεται στην κατώτερη εστία της έλλειψης και με την ακτίνα που συν-*

δέει τον πλανήτη με το κέντρο να διαγράφει εμβαδά ανάλογα προς τους χρόνους. Στην πρόταση αυτή έφτασε ο Νεύτωνας κάνοντας χρήση της έννοιας των ορίων που είχε ο ίδιος αναπτύξει στα 1665. Κίνητρο στάθηκε ένα γράμμα του Hooke, που έλεγε ότι το μόνο που έμενε να διερευνηθεί ήταν η τροχιά που ακολουθεί ένας πλανήτης όταν εφαρμόζεται ο νόμος του αντίστροφου τετραγώνου. Ο ίδιος ο Hooke είχε υποψιαστεί ότι οι πλανήτες κινούνται στις τροχιές τους κάτω από την επίδραση μιας κεντρικής ελκτικής δύναμης, που είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης από το κέντρο περιστροφής, αλλά δεν μπορούσε να βρει ποια ήταν η τροχιά που ακολουθούσε ο πλανήτης. Είχε επίσης υποστηρίξει —λανθασμένα με βάση τις μετέπειτα εξελίξεις— ότι η ταχύτητα του πλανήτη είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης του πλανήτη από το κέντρο της τροχιάς. Ο Νεύτωνας διαφώνησε με αυτή την άποψη ως ασυμβίβαστη με το νόμο του αντίστροφου τετραγώνου και απέδειξε ότι η ταχύτητα είναι αντιστρόφως ανάλογη της κάθετης από το κέντρο προς την εφαπτομένη της τροχιάς.

### 3.3.4 *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας)

Μια επίσκεψη στα 1684 από το Halley έμελλε να γίνει η αφορμή της συγγραφής των *Principia*. Ο Halley επισκέφτηκε το Νεύτωνα στο Cambridge, με σκοπό να μάθει από αυτόν τι είδους τροχιά ακολουθούσε ένας πλανήτης κάτω από την επίδραση μιας κεντρικής δύναμης αντιστρόφως ανάλογης του τετραγώνου της απόστασης. Όταν πήρε την απάντηση ότι ήταν έλλειψη και ότι ο Νεύτωνας το είχε αποδείξει προ πολλού, ζήτησε και πήρε την υπόσχεση να του σταλούν οι σημειώσεις αυτής της απόδειξης. Το Νοέμβριο του ίδιου χρόνου ο Halley κράταγε στα χέρια του την απόδειξη της ελλειπτικής τροχιάς, την οποία βρήκε τόσο ενδιαφέρουσα ώστε έπεισε το Νεύτωνα να γράψει και να δημοσιεύσει ένα βιβλίο με αυτά και άλλα συμπεράσματά του.

Το βιβλίο δημοσιεύτηκε το 1687 με έξοδα του Halley και έφερε τον τίτλο *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας). Απαρτιζόταν από τρία βιβλία, από τα οποία τα δύο πρώτα αποτελούν τη μαθηματική προσέγγιση διάφορων καταστάσεων κίνησης ενώ το τρίτο την εφαρμογή των συμπερασμάτων του πρώτου βιβλίου στην αστρονομία. Τα *Principia* είναι γραμμένα στα λατινικά. Σε όλο το έργο χρησιμοποιείται η συνθετική γεωμετρία, αν και πολλοί ιστορικοί της επιστήμης πιστεύουν ότι στα κρίσιμα θεωρήματα εφαρμόζε πρώτα το διαφορικό λογισμό (για την ανάπτυξη του οποίου ο Νεύτωνας είχε παίξει πρωτοποριακό ρόλο) και μετά τα αποδείκνυε με τη γεωμετρία. Ο λόγος που χρησιμοποίησε γεωμετρία αντί για διαφορικό λογισμό ήταν επειδή σχεδόν το σύνολο των λογίων γνώριζε γεωμετρία, ενώ ο διαφορικός λογισμός μόλις και άρχιζε να δια-

μορφώνεται. Την πρώτη αυτή έκδοση συνόδευσε στα 1713 μια δεύτερη —στα αγγλικά αυτή τη φορά— και μια τρίτη στα 1725.

### ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο ξεκινά με ένα είδος προλόγου, στον οποίο ο Νεύτωνας θέτει τη διάκριση των αρχαίων ανάμεσα στη γεωμετρία, που ήταν ορθολογική και αφηρημένη, και στη μηχανική, που αφορούσε στις κινήσεις των σωμάτων γενικότερα. Πρόθεσή του φαίνεται να είναι η ενοποίηση των δύο αυτών κλάδων. Στη συνέχεια διατυπώνει μια σειρά ορισμών και αξιωμάτων. Ορίζει τη μάζα ως το γινόμενο του όγκου επί την πυκνότητα και την κίνηση ως το γινόμενο της μάζας επί την ταχύτητα. Έπειτα ορίζει την αδράνεια ως την *εσωτερική σε κάθε σώμα δύναμη, που βοηθά το σώμα να αντισταθεί σε κάθε αλλαγή της κινητικής του κατάστασης*. Τέλος, ονομάζει και ορίζει μια ακόμη καινούρια δύναμη, την κεντρομόλο, ως ανάλογη της ταχύτητας.

Τους ορισμούς ακολουθεί ένα σχόλιο, στο οποίο ο Νεύτωνας εισάγει τις έννοιες του απόλυτου χώρου και χρόνου, έννοιες που θα του επιτρέψουν να εισαγάγει την έννοια της απόλυτης κίνησης και να ισχυριστεί ότι αυτή είναι αισθητή κυρίως στην περιφορά.

Στη συνέχεια διατυπώνονται τρία αξιώματα, που είναι οι πρόδρομες εκφράσεις αυτών που σήμερα ονομάζουμε νόμους του Νεύτωνα. Σύμφωνα με τον πρώτο νόμο ή αλλιώς το νόμο της αδράνειας, *κάθε σώμα εξακολουθεί να βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας ή κίνησης σε ευθεία γραμμή, εκτός και αν εξαναγκάζεται να αλλάξει την κινητική του κατάσταση από δυνάμεις που εξασκούνται σε αυτό*. Ο δεύτερος νόμος του διατυπώνεται ως εξής: *Η μεταβολή της κίνησης είναι ανάλογη της κινητήριας δύναμης που εξασκείται και λαμβάνει χώρα κατά τη διεύθυνση της ευθείας γραμμής της εξασκούμενης δύναμης*. Σε αυτό το νόμο υπονοούνται δύο μεταβολές: αλλαγή στο μέτρο, δηλαδή στην ταχύτητα, και αλλαγή στη φορά, πάνω δηλαδή στην ευθεία του φορέα της δύναμης που ασκείται. Στον τρίτο νόμο υποστηρίζει ότι *σε κάθε δράση αντιτίθεται πάντα μια ίση και αντίθετη αντίδραση*. Ας σημειώσουμε πως με το πρώτο αξίωμα εξαφανίζεται η διάκριση ανάμεσα στα ουράνια και στα γήινα σώματα και υπονοείται ένας ενιαίος τρόπος αντιμετώπισης των φαινομένων του υποσελήνιου και του υπερσελήνιου χώρου. Η άλλη μεγάλη καινοτομία του πρώτου αξιώματος είναι πως δεν αναφέρεται στις αιτίες της κίνησης και στα πιθανά «κινούνται», αλλά επικεντρώνει τη μελέτη της κίνησης στη μελέτη του τρόπου αλλαγής μιας ήδη υπάρχουσας κίνησης. Άρα για το Νεύτωνα όλα τα σώματα στο σύμπαν είναι σε κάποια κινητική κατάσταση (το γιατί είναι έτσι δεν ενδιαφέρει τους φυσικούς φιλοσόφους) και ο ρόλος της νέας φυσικής φιλοσοφίας είναι να μελετήσει τους τρόπους με τους οποίους αλλάζει η κινητική κατάσταση κάθε σώματος.

*BIBΛΙΟ I*

Μετά τον ορισμό των βασικών εννοιών αρχίζει η συστηματική συζήτηση των προβλημάτων της κίνησης. Στο πρώτο βιβλίο επιχειρείται η μαθηματική προσέγγιση της κίνησης κάτω από τη δράση «εντυπωμένων» δυνάμεων σε κενό χώρο. Πιο συγκεκριμένα, ο Νεύτωνας αναλύει την κίνηση μοναδιαίων ή σημειακών μαζών που έχουν κάποια αρχική αδρανειακή κίνηση καθώς ενεργεί πάνω τους μια κεντρομόλος δύναμη. Ξεκινά γενικά από απλές καταστάσεις, τις οποίες όμως κάνει βαθμιαία πιο περίπλοκες, ενώ είναι χαρακτηριστικό ότι συγκρίνει διαφορετικές καταστάσεις κίνησης στο ίδιο όμως σώμα. Εξετάζει λοιπόν αρχικά διάφορες πλευρές της κίνησης με αναφορά στους νόμους του Kepler, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι είναι απαραίτητη η συμφωνία με το νόμο των εμβαδών σε περιπτώσεις κεντρικής δύναμης. Στη συνέχεια καταπιάνεται με περιπτώσεις κίνησης ενός σώματος γύρω από ένα κινούμενο κέντρο, αργότερα με την ομοιόμορφη κυκλική κίνηση και αμέσως μετά με τον υπολογισμό της δύναμης για ένα σώμα που κινείται σε καμπύλη γύρω από ένα σταθερό κέντρο. Σ' αυτό ακριβώς το σημείο της ανάλυσης εισάγει την ελλειπτική κίνηση, για την οποία διατείνεται ότι η αιτία είναι το γεγονός ότι η δύναμη είναι ανάλογη της απόστασης. Διευκρινίζει όμως ότι, αν το κέντρο μεταφερθεί σε άπειρη απόσταση, η κίνηση θα γίνεται πάνω σε παραβολή.

Στην τρίτη ενότητα επιστρέφει στην ελλειπτική κίνηση και υποστηρίζει ότι θα πρέπει να βρεθεί το μέτρο της κεντρομόλου δύναμης που τείνει προς την εστία της έλλειψης. Αποδεικνύει ότι αυτή είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης, αλλά δεν αποδεικνύει το αντίστροφο, ότι δηλαδή η κεντρομόλος δύναμη συνεπάγεται ελλειπτική κίνηση.

Έχοντας ολοκληρώσει την εξέταση περιπτώσεων κίνησης γύρω από ένα σταθερό κέντρο, περνά στη συνέχεια σε κινήσεις γύρω από ένα κινούμενο κέντρο, αφού αυτές έχουν, κατά το Νεύτωνα, αντίκρουσμα στη φύση. Εξετάζει γι' αυτό το σκοπό ένα σύστημα δύο σωμάτων που έλκονται αμοιβαία, όπως για παράδειγμα η Γη και η Σελήνη, και περιστρέφονται γύρω από μια κεντρική μάζα, όπως για παράδειγμα τον Ήλιο. Καταλήγει στο συμπέρασμα ότι οι νόμοι του Kepler δεν εφαρμόζονται με ακρίβεια, αλλά χρειάζονται τροποποιήσεις.

*BIBΛΙΟ II*

Στο δεύτερο βιβλίο των *Principia* ο Νεύτωνας καταπιάνεται με την κίνηση διάφορων σωμάτων σε διαφορετικά περιβάλλοντα που προβάλλουν αντίσταση. Το βιβλίο αυτό έχει ενδιαφέρον για τη μαθηματική του ανάλυση παρά για τις πρακτικές του εφαρμογές. Είναι άλλωστε φανερό ότι αναλύει μια σειρά από μαθηματικές συνθήκες, εξε-

τάζοντας ταυτόχρονα τις συνέπειες τους, οι οποίες ωστόσο παραμένουν περισσότερο υποθετικές παρά πραγματικές, και εδώ συνίσταται η βασική του διαφορά με το πρώτο βιβλίο. Είναι χαρακτηριστικό επίσης το γεγονός ότι κάθε περίπτωση που εξετάζει αποτελεί διαφορετική θεματική ενότητα, αφού καταλήγει σε κάθε περίπτωση να ορίζει διαφορετικά την αντίσταση, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν.

### *BIBΛΙΟ III*

Στο τρίτο και τελευταίο βιβλίο, το οποίο έλαβε ο Halley στις 5 Απριλίου του 1687, βρίσκουν εφαρμογή όσα ο Νεύτωνας είχε αναλύσει μαθηματικά στο πρώτο βιβλίο. Στην εισαγωγή του δηλώνει χαρακτηριστικά ότι στο πρώτο και στο δεύτερο βιβλίο εισήγαγε έννοιες της μαθηματικής φιλοσοφίας τις οποίες θα εφάρμοζε τώρα στο «σύστημα του κόσμου». Υποστηρίζει ότι η κίνηση των πλανητών και των δορυφόρων τους, η κίνηση των κομητών, το φαινόμενο των παλιρροιών αλλά και το νοούμενο ως βάρος των σωμάτων είναι όλα αποτέλεσμα μιας και μοναδικής ελκτικής και κεντρομόλου δύναμης, αυτής που ονομάζει βαρύτητα. Για την κίνηση των ουράνιων σωμάτων η δύναμη αυτή είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασής τους από την εστία της τροχιάς όπου βρίσκεται ο Ήλιος και είναι βέβαια αυτή που τα κρατά στην τροχιά τους. Στα σώματα ωστόσο που βρίσκονται πάνω, για παράδειγμα, στην επιφάνεια της Γης η δύναμη αυτή που ονομάζεται βάρος —αλλά παραμένει η ίδια ελκτική δύναμη— είναι ανάλογη της ποσότητας της μάζας τους. Το μισό περίπου του βιβλίου ασχολείται με τη φύση και την κίνηση των κομητών, αναφέροντας ότι άλλοι κινούνται σε ελλείψεις και άλλοι σε παραβολές. Μεγάλο ενδιαφέρον προκαλεί ωστόσο η ανάλυσή του για το πώς η κίνηση της Σελήνης επηρεάζει το σχήμα της Γης, το οποίο πιστεύει ότι είναι πεπλατυσμένο στον ισημερινό. Τέλος, αναφέρεται στην κίνηση της Σελήνης κάτω από την επίδραση του Ήλιου και της Γης, χωρίς όμως να προτείνει μια πετυχημένη θεωρία αλλά επισημαίνοντας απλά επιπλέον ανωμαλίες στην κίνησή της.

## Σύνοψη

Στην αρχή του κεφαλαίου παρουσιάστηκαν οι διάφορες αντιλήψεις για την κίνηση, όπως αυτές εντάσσονται στις διαφορετικές κοσμοθεωρήσεις του Παρμενίδη, του Ζήνωνα, του Εμπεδοκλή και κυρίως του Αριστοτέλη. Αναπτύχθηκαν τα παράδοξα του Ζήνωνα, στα οποία αντιτάχτηκε ο Αριστοτέλης. Η θεωρία κίνησης του Αριστοτέλη θεωρήθηκε από πολλούς και για πολλούς αιώνες η πληρέστερη από όλες. Χαρακτηριστικό της θεωρίας του Αριστοτέλη είναι η ποιοτική προσέγγιση του φαινομένου της κίνησης, ο ρόλος της φύσης των σωμάτων και της σύστασής τους με διαφορετικές αναλογίες των τεσσάρων στοιχείων στον καθορισμό της κίνησης και η αδυναμία ύπαρξης του κενού. Στη συνέχεια παρουσιάστηκε το πρόβλημα της κίνησης κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα. Ξεκινώντας από τον Ιωάννη Φιλόπονο, ο οποίος άσκησε σφοδρή κριτική στην αριστοτέλεια θεωρία της κίνησης, είδαμε πώς επανεξέτασε το ρόλο του περιβάλλοντος μέσου στην κίνηση και εισήγαγε την έννοια της εντυπωμένης δύναμης ως κινητήριας δύναμης των σωμάτων. Με αυτό τον τρόπο παρέκαμψε τις δυσκολίες που δημιουργούσε η αδυναμία ύπαρξης του κενού στον Αριστοτέλη. Εξετάσαμε επίσης τις διάφορες απόψεις Αράβων λογίων σχετικά με την κίνηση. Οι Άραβες είχαν επηρεαστεί από την αριστοτέλεια θεωρία, όπως επίσης και από το Φιλόπονο, και προχώρησαν στην περαιτέρω επεξεργασία της έννοιας της εντυπωμένης δύναμης. Ο τρόπος συζήτησης των θεμάτων της κίνησης, στη δυτική Ευρώπη κατά το 13ο αι., οδήγησε έναν από τους πιο έγκυρους ιστορικούς της επιστήμης, τον Pierre Duhem, στο συμπέρασμα ότι πολλά από αυτά που νομίζαμε ότι πραγματοποιήθηκαν στη διάρκεια της Επιστημονικής Επανάστασης είχαν ήδη διατυπωθεί στον ύστερο Μεσαίωνα. Στη διάρκεια του 16ου και 17ου αιώνα —την περίοδο που αποκαλούμε Επιστημονική Επανάσταση— έγινε δυνατή και η πλήρης επανεξέταση και επίλυση πολλών από τα προβλήματα που σχετίζονταν με το φαινόμενο της κίνησης. Πρωταγωνιστής σε αυτές τις εξελίξεις ήταν ο Γαλιλαίος, ο οποίος με ένα συνδυασμό μαθηματικών αποδείξεων και πειραματικών μετρήσεων κατάφερε να διατυπώσει με ακρίβεια το νόμο της ελεύθερης πτώσης. Τα θέματα που αφορούσαν την κίνηση διαπραγματεύτηκε με συστηματικό τρόπο και ο Descartes, στο πλαίσιο της μηχανοκρατικής του φιλοσοφίας. Ο Νεύτωνας με τη διατύπωση των τριών νόμων του, όπως ο νόμος της αδράνειας, αποτέλεσε και την καθοριστική ρήξη με την αριστοτέλεια παράδοση.

## Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης

1. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ των θεωρήσεων των πρώτων φιλοσόφων και της θεωρίας του Αριστοτέλη για την κίνηση;
2. Ποια η σχέση των απόψεων του Αριστοτέλη για την κίνηση με τις γενικότερες φιλοσοφικές του απόψεις;
3. Ποια είναι τα βασικά σημεία της θεωρίας κίνησης του Αριστοτέλη;
4. Να μελετήσετε να επιχειρήματα του Αριστοτέλη κατά του κενού χώρου.
5. Υπήρχαν φαινόμενα σχετικά με την κίνηση των οποίων η ερμηνεία ήταν προβληματική με βάση τη θεωρία του Αριστοτέλη;
6. Ποιες ήταν οι αντιρρήσεις του Φιλόπονου στην αριστοτελική θεωρία της κίνησης;
7. Πώς δικαιολογεί ο Φιλόπονος την ύπαρξη κενού χώρου και πώς σχετίζονται οι θρησκευτικές του πεποιθήσεις με την αντίληψη αυτή;
8. Ποια κατά τη γνώμη σας ήταν η σημαντικότερη συμβολή των Αράβων λογίων στα θέματα κίνησης;
9. Εντοπίστε τις ομοιότητες και τις διαφορές των θεωριών κίνησης που διατύπωσαν οι Άραβες λόγιοι με τις θεωρίες του Αριστοτέλη και του Φιλόπονου.
10. Εξετάστε την επιρροή της θρησκείας στις απόψεις του Θωμά του Ακινάτη για την κίνηση.
11. Εντοπίστε τις ομοιότητες και τις διαφορές της θεωρίας του Buridan, των Αράβων λογίων και του Φιλόπονου.
12. Ανατρέξτε στο έργο του Oresme και αναδείξτε τη συμβολή του στο πρόβλημα της κίνησης.
13. Ποιος ο ρόλος της έννοιας της επιτάχυνσης στην προβληματική για την κίνηση στη διάρκεια της Επιστημονικής Επανάστασης;
14. Πώς επηρεάστηκε ο Γαλιλαίος από το έργο του Αρχιμήδη;
15. Ποια ήταν τα πειράματα που έκανε ο Γαλιλαίος για να μελετήσει το φαινόμενο της κίνησης;
16. Ποια είναι η θέση της έννοιας της έκτασης στο σύστημα του Descartes και τι ρόλο παίζει η κίνηση;

17. Πώς αποκλείει ο Descartes την ύπαρξη του κενού;
18. Ποιος ο ρόλος των μαθηματικών στο σύστημα του Descartes;
19. Τι εννοεί ως βαρύτητα ο Νεύτωνας στα διάφορα στάδια της σκέψης του;
20. Πώς ενοποιεί ο Νεύτωνας τη γήινη με την ουράνια μηχανική;
21. Τι περιέχουν τα διάφορα βιβλία του έργου του Νεύτωνα «Principia...»;

### Δραστηριότητες

1. Ποιο είναι το γενικότερο κλίμα της προσωκρατικής παράδοσης; Ποιες είναι οι κύριες επιδιώξεις και ποιες οι ανάγκες που ζητείται να καλυφτούν από τις νέες αναζητήσεις;
2. Σχέσεις Παρμενίδη–Εμπεδοκλή. Σημεία σύγκλισης και απόκλισης.
3. Σχέση ατομικών με προκατόχους. Σε τι συνίσταται η διαφορά στη σκέψη τους;
4. Πώς δικαιολογούν οι ατομικοί την ύπαρξη του κενού χώρου;
5. Εξετάστε τα παράδοξα του Ζήνωνα και αναζητήστε τα αντεπιχειρήματα του Αριστοτέλη.
6. Αναζητήστε πιθανές καταβολές της αριστοτελικής θεωρίας του κενού στις κοσμοθεωρίες των προκατόχων του.
7. Διατυπώστε διαφορετικά παραδείγματα που να εκφράζουν τις διάφορες απόψεις του Αριστοτέλη.
8. Ποιοι ήταν οι κυριότεροι εκπρόσωποι της φιλοσοφίας των ελληνοιστικών χρόνων;
9. Ποιες ήταν οι απόψεις τους για τα θέματα της κίνησης;
10. Πόσο ο Φιλόπονος «ξεφεύγει» από το αριστοτελικό πλαίσιο;
11. Με ποιους τρόπους επηρέασαν την ευρωπαϊκή λόγια παράδοση τον 11ο και 12ο αιώνα τα κείμενα που ήταν γραμμένα στα αραβικά;
12. Γιατί ο Buridan τελικά δεν ξεφεύγει από τον αριστοτελισμό;
13. Τι περισσότερο έκανε ο Γαλιλαίος από τους μεσαιωνικούς προκατόχους του;
14. Εντοπίστε τις διαφορές στον τρόπο σκέψης του Descartes και του Γαλιλαίου.



15. Με βάση την ταξινόμηση των συγκρούσεων και τις διαφορετικές τους περιπτώσεις, ο Descartes διατύπωσε επτά κανόνες που ανταποκρίνονται σε αυτές τις συνθήκες. Έτσι εξηγεί, για παράδειγμα, στον πρώτο κανόνα ότι σε δύο σώματα, με ίσες αλλά αντίθετες ταχύτητες, οι ταχύτητες αντιστρέφονται αλλά δεν ελαττώνονται. Στο δεύτερο κανόνα αντίστοιχα αναφέρει την περίπτωση της σύγκρουσης δύο σωμάτων με άνισες ταχύτητες, υποστηρίζοντας ότι το σώμα που είναι ταχύτερο συνεχίζει την πορεία του σπρώχνοντας το σώμα που είναι αργότερο. Μπορείτε να συνεχίσετε το σκεπτικό του και για τις άλλες περιπτώσεις.
16. Ποιο ήταν το «χρέος» του Νεύτωνα στο Hooke;
17. Εξετάστε το ρόλο της αλληλογραφίας του Νεύτωνα με τους διάφορους σύγχρονούς του στοχαστές (Hooke, Huygens, Leibniz, Halley).



## Από την Ιστορία της Αστρονομίας —Πτολεμαίος, Κοπέρνικος, Kepler



### Σκοπός

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά οι θεωρίες του Πτολεμαίου, του Κοπέρνικου και του Kepler, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στα κείμενα των τριών αστρονόμων. Σκοπός του κεφαλαίου δεν είναι μόνο η περιγραφή των τριών θεωριών, αλλά η ανάδειξη της πορείας από την αρχή του «σώζειν τα φαινόμενα» στην αναζήτηση φυσικών αιτιών της κίνησης των ουράνιων σωμάτων. Ένας άλλος στόχος του κεφαλαίου είναι να εξοικειωθείτε με τις λεπτομέρειες ορισμένων υπολογισμών στην αστρονομία.

### Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Διαβάζοντας το κεφάλαιο της αστρονομίας θα είστε σε θέση να:

- έχετε μία γενική εικόνα των μοντέλων του Πτολεμαίου, του Κοπέρνικου και του Kepler,
- διακρίνετε τη μη ευθύγραμμη και μη σωρευτική πορεία της εξέλιξης της αστρονομίας και γενικότερα της επιστήμης,
- αναγνωρίσετε την επίδραση του ιστορικού πλαισίου και των κοινωνικοπολιτικών και θρησκευτικών συνθηκών στη διαμόρφωση των επιστημονικών αντιλήψεων,
- αντιληφθείτε τη σχέση της αστρονομίας με πορίσματα άλλων επιστημών και κυρίως της φυσικής,
- αξιολογείτε τα αστρονομικά μοντέλα με βάση τις πεποιθήσεις της εποχής και όχι με τις σημερινές επιστημονικές απόψεις,
- κατανοήσετε τη σημασία των αστρονομικών παρατηρήσεων, οι οποίες αποτελούν για την αστρονομία ενδείξεις ενός γρίφου, για τον οποίο οι επιστημονικές θεωρίες είναι λύσεις υπό δοκιμή.

### Έννοιες κλειδιά

- κίνηση (κυκλική – ομαλή)
- εξισωτής
- κύκλος (έκκεντρος – φέρων – επίκυκλος)
- ανωμαλία
- πλανήτες (εσωτερικοί – εξωτερικοί)

- γεωκεντρισμός – ηλιοκεντρισμός
- δύναμη
- αριστοτελισμός – νεοπλατωνισμός

### Εισαγωγικές παρατηρήσεις

*Η κίνηση των ουράνιων σωμάτων και η δομή του σύμπαντος απασχόλησαν τον άνθρωπο από το λυκανγές της ιστορίας του. Πλήθος θεωριών διατυπώθηκαν για να εξηγήσουν τα ουράνια φαινόμενα, άλλοτε αποδίδοντάς τα σε θεϊκές δυνάμεις και άλλοτε ακολουθώντας μηχανιστικές προσεγγίσεις με μεγαλύτερη ή μικρότερη επιτυχία. Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζουμε τους τρεις σημαντικότερους σταθμούς στην ιστορία της εξήγησης των ουράνιων φαινομένων: τα έργα του Πτολεμαίου, του Κοπέρνικου και του Κεπλερ. Ο πρώτος συγκεντρώνει στο έργο του το σύνολο ουσιαστικά της αρχαίας αστρονομίας και είναι ο κύριος εκφραστής του γεωκεντρικού συστήματος. Ο δεύτερος, προσπαθώντας να βελτιώσει το πτολεμαϊκό σύστημα, κάνει το μεγάλο βήμα της μετακίνησης της Γης, καταστρέφοντας όμως παραδοσιακές απαντήσεις σε κλασικά ερωτήματα, χωρίς να δώσει νέες πιο ικανοποιητικές. Ο Κεπλερ, τέλος, δίνει τη χαρακτηριστική βολή στην αρχαία αστρονομία με την υιοθέτηση της έλλειψης που καταλύει την παντοκρατορία 2000 ετών του κύκλου, εισάγοντας συγχρόνως την έννοια της δύναμης. Η κάθε ενότητα του κεφαλαίου περιέχει κάποια βιογραφικά στοιχεία, που οριοθετούν το εκάστοτε ιστορικό πλαίσιο, και μία συνοπτική περιγραφή του μοντέλου του κάθε αστρονόμου, όπως αυτό προκύπτει μέσα από τα κείμενά του.*

## 4.1 Κλαύδιος Πτολεμαίος

Ο Πτολεμαίος (το πλήρες όνομά του ήταν Κλαύδιος Πτολεμαίος) άκμασε στην Αλεξάνδρεια μεταξύ 127 και 145 μ.Χ. Αστρονόμος, γεωγράφος και μαθηματικός, συστηματοποίησε με τις μελέτες και τα συγγράμματά του την ελληνική αστρονομία. Το έργο του επηρέασε την επιστημονική σκέψη έως το 17ο αιώνα. Για τη ζωή του δε γνωρίζουμε πολλά, φαίνεται όμως ότι ανήκε σε πλούσια οικογένεια και ταξίδεψε αρκετά.

Στην *Αλμαγέστη*, το σημαντικότερο έργο του Πτολεμαίου στην αστρονομία, αναπτύσσεται η γεωκεντρική θεωρία και γίνεται δυνατή η εξαγωγή ποσοτικών συμπερασμάτων. Ο Πτολεμαίος όμως ασχολήθηκε και με τα μαθηματικά. Επινόησε νέες γεωμετρικές αποδείξεις και θεωρήματα. Στο βιβλίο του με τίτλο *Περί αναλήμματος* διαπραγματεύεται τις λεπτομέρειες της προβολής των σημείων της ουράνιας σφαίρας (μιας υποθετικής σφαίρας, η οποία βρίσκεται έξω από τη Γη, εκτεινόμενη έως το άπειρο, και στην επιφάνεια της οποίας φαίνονται τοποθετημένα τα αντικείμενα που βρίσκονται στο διάστημα) σε τρία επίπεδα τοποθετημένα σε ορθές γωνίες μεταξύ τους, τον ορίζοντα, το μεσημβρινό και τον πρώτο κάθετο. Σε ένα άλλο βιβλίο, το *Planisphaerium* (πρόκειται για λατινική μετάφραση της αραβικής μετάφρασης του πρωτότυπου ελληνικού κειμένου, που όμως δεν έχει διασωθεί), ασχολήθηκε με τη στερεογραφική προβολή, την προβολή δηλαδή του σχήματος των στερεών σωμάτων σε επίπεδο, χρησιμοποιώντας ως κέντρο της προβολής το νότιο πόλο του ουρανού.

Ο Πτολεμαίος σύνταξε επίσης ένα ημερολόγιο, στο οποίο, πέραν των καιρικών αναφορών, κατέγραφε την ανατολή και τη δύση των αστερών στις συνθήκες λυκαυγούς και λυκόφωτος. Στις μαθηματικές μελέτες του περιλαμβάνεται και μια εργασία σε δύο βιβλία, με τον τίτλο *Υποθέσεις των πλανωμένων*, καθώς και δύο γεωμετρικές εργασίες, στη μία από τις οποίες προσπαθεί να αποδείξει ότι δεν είναι δυνατό ο χώρος να έχει πάνω από τρεις διαστάσεις.

Οι μελέτες του Πτολεμαίου για τα οπτικά φαινόμενα περιλήφθηκαν στην *Οπτική*, η οποία στην αρχική της έκδοση αποτελούνταν από πέντε βιβλία και η οποία επίσης διασώθηκε σε λατινική μετάφραση άλλης μετάφρασης, αραβικής. Στο τελευταίο βιβλίο ασχολείται με τη θεωρία της διάθλασης (την αλλαγή κατεύθυνσης του φωτός και άλλων κυμάτων, όταν εισέλθουν λοξά σε ένα μέσο διαφορετικής πυκνότητας από αυτό που διέσχιζαν προηγουμένως) και πραγματεύεται τη διάθλαση που υφίσταται το φως των ουράνιων σωμάτων σε διάφορα ύψη. Πρόκειται για την πρώτη καταγραμμένη προσπάθεια επίλυσης του προβλήματος αυτού. Ο Πτολεμαίος συνέγραψε επίσης μία πραγματεία περί μουσικής σε τρία βιβλία, με τον τίτλο *Αρμονικά*.

Η φήμη του Πτολεμαίου ως γεωγράφου βασίζεται κυρίως στο έργο του *Γεωγραφίας*

*Υφήγησις*, το οποίο αποτελούσαν οκτώ βιβλία. Σε αυτό περιλαμβάνονταν οδηγίες κατασκευής χαρτών και καταλόγων τοποθεσιών της Ευρώπης, της Αφρικής και της Ασίας, ταξινομημένων κατά γεωγραφικό πλάτος και μήκος. Στο βιβλίο αυτό ο ισημερινός ήταν τοποθετημένος σε πολύ βόρειο πλάτος και το μέγεθος της περιφέρειας της Γης ήταν κατά 30% μικρότερο από το μέγεθος που είχε ήδη υπολογιστεί από την αρχαιότητα. Υπήρχαν επίσης πολλές αντιφάσεις μεταξύ του κειμένου και των χαρτών. Η *Υφήγησις* δεν αναφέρει τίποτα για το κλίμα, τα προϊόντα, τους κατοίκους ή για ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στοιχεία των χωρών που περιγράφει. Η *Υφήγησις* όμως είναι σημαντικό από ιστορική άποψη έργο, γιατί άσκησε (όπως και η *Αλμαγέστη*) βαθιά επιρροή στις κατοπινές γενιές. Ο Χριστόφορος Κολόμβος, για παράδειγμα, τη χρησιμοποίησε για να ενδυναμώσει την πεποίθησή του ότι ήταν δυνατό να φτάσει στην Ασία ταξιδεύοντας προς δυσμάς, εφόσον ο Πτολεμαίος είχε αποδείξει ότι η Ασία εκτείνεται πολύ περισσότερο προς ανατολάς απ' ό,τι στην πραγματικότητα. Μέχρι και τα μέσα του 18ου αιώνα πίστευαν ότι τον Ινδικό Ωκεανό περιέκλεινε προς νότο μία ήπειρος, όπως είχε υποθέσει ο Πτολεμαίος. Την ανυπαρξία της απέδειξε το ταξίδι της επιστροφής του πλοιάρχου Τζέιμς Κουκ από το νότιο ημισφαίριο.

#### 4.1.1 «Μεγίστη Μαθηματική Σύνταξις»

Τα πορίσματα των αστρονομικών μελετών του Πτολεμαίου περιέχονται στο μεγάλο έργο του, *Μαθηματική σύνταξις*, το οποίο τελικά έγινε γνωστό με τον τίτλο *Ο μέγας αστρονόμος*. Μεταγενέστερα το έργο αναφερόταν ως *Μεγίστη* ή *Μεγάλη Σύνταξις*. Κατά τον 9ο μ.Χ. αιώνα οι Άραβες αστρονόμοι αναφέρονταν στο βιβλίο αυτό κατά παράλειψη του ουσιαστικού *Σύνταξις*, ως *Μεγίστη*. Στον όρο αυτό προσκολλήθηκε ως πρόθεμα το αραβικό άρθρο «αλ» και με αυτό τον τρόπο το έργο έγινε γνωστό ως *Αλμαγέστη*, όπως μέχρι και σήμερα αποκαλείται.

Η *Αλμαγέστη* αποτελείται από 13 βιβλία, καθένα από τα οποία πραγματεύεται ορισμένα θέματα σχετικά με τους αστέρες και τα σώματα του ηλιακού συστήματος. Ουσιαστικά πρόκειται για σύνθεση των συμπερασμάτων της αρχαίας ελληνικής αστρονομίας. Πρόκειται επίσης για την εγκυρότερη πηγή, μέσω της οποίας γνωρίζουμε το έργο του Ίππαρχου, του σημαντικότερου ίσως αστρονόμου της αρχαιότητας. Συχνά είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ποιες ανακαλύψεις της *Αλμαγέστης* ανήκουν στον Πτολεμαίο και ποιες στον Ίππαρχο. Πράγματι όμως, ο Πτολεμαίος προώθησε περαιτέρω την εργασία του Ίππαρχου μέσω των δικών του παρατηρήσεων και με τη χρήση προφανώς κατάλληλων δικών του οργάνων. Ενώ, για παράδειγμα, ο Ίππαρχος είχε συντάξει κατάλογο αστερών (τον πρώτο του είδους του), ο οποίος περιλάμβανε 850 αστέρες, ο Πτολεμαίος διεύρυνε τον αριθμό των αστερών στο δικό του κατάλογο σε 1.022.

Το πρώτο βιβλίο της *Αλμαγέστης* ασχολείται με τις γενικές αρχές της αστρονομίας, όπως τη σφαιρικότητα της Γης και το μέγεθός της σε σχέση με τη σφαίρα των απλανών αστέρων και τη γεωκεντρική υπόθεση. Τα επιχειρήματα του Πτολεμαίου υπέρ της γεωκεντρικής υπόθεσης προέρχονται από την αριστοτελική φυσική κι αυτή είναι σχεδόν η μοναδική φορά που χρησιμοποιεί φυσικά επιχειρήματα.

Στο δεύτερο βιβλίο επινοεί τις αναφορές των τόξων στην εκλειπτική και τον ισημερινό για την πλάγια σφαίρα, δηλαδή για τους ορίζοντες και τις σκιές των γνωμόνων σε διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη και τις κλίσεις διαφορετικών κύκλων μεταξύ τους στα γεωγραφικά αυτά πλάτη.

Στο τρίτο βιβλίο παρουσιάζει τη μελέτη του Ήλιου και τη μοναδική του ανωμαλία, αναφέροντας για πρώτη φορά τις βασικές αρχές του επικύκλου, καθώς και του φέροντος και έκκεντρου κύκλου, ενώ επινοεί και την έννοια του εξισωτή. Οι παραπάνω έννοιες χρησιμοποιούνται χωρίς προκαταρκτική προειδοποίηση στο πέμπτο, ένατο και δέκατο βιβλίο για τη μελέτη της Σελήνης και των πλανητών.

Στο τέταρτο βιβλίο ξεκινάει τη μελέτη της Σελήνης και της πρώτης ή επικυκλικής ανωμαλίας της.

Στο πέμπτο βιβλίο συνεχίζει τη μελέτη της Σελήνης με την ηλιακή ή έκκεντρη ανωμαλία της, την εξισωτική ανωμαλία και μια τέταρτη ανωμαλία, που ονομάζεται η κλίση του επικύκλου της Σελήνης. Υπάρχει επίσης και μια αναφορά στις παραλλάξεις της και στην απόσταση αυτής και του Ήλιου από τη Γη σε σχέση με την ακτίνα της τελευταίας και τα φυσικά μεγέθη αυτών των σωμάτων.

Στο έκτο βιβλίο συνεχίζει τη μελέτη της Σελήνης σε σχέση με τις φάσεις και τις εκλείψεις της.

Το έβδομο και όγδοο βιβλίο αφιερώνονται στη σφαίρα των απλανών αστέρων και στην ακρίβεια των ισημεριών.

Το ένατο βιβλίο ξεκινάει τη μελέτη των πλανητών Ερμή, Αφροδίτης, Άρη, Δία και Κρόνου. Η διάταξή τους έχει ήδη δοθεί στην αρχή της *Αλμαγέστης* και είναι όμοια με αυτή της ηλιοκεντρικής θεωρίας, με τη Γη και τον Ήλιο να έχουν ανταλλάξει θέσεις. Δίνεται μια γενική ιδέα για τις κινήσεις τους, ενώ ο Ερμής μελετάται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

Το δέκατο βιβλίο περιέχει λεπτομερείς αναλύσεις της Αφροδίτης και του Άρη και το ενδέκατο βιβλίο του Δία και του Κρόνου.

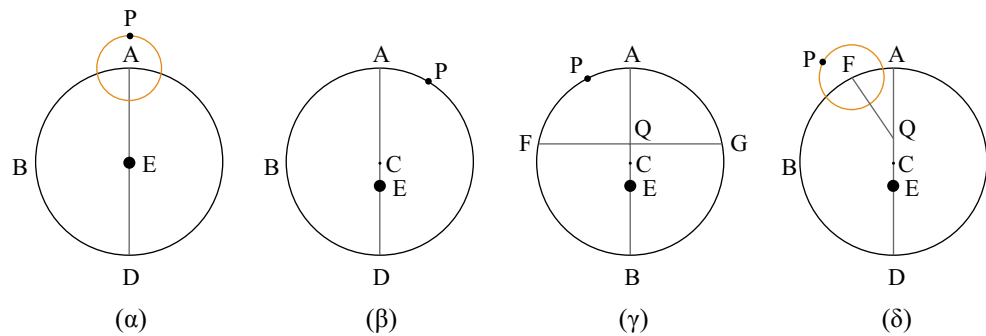
Το δωδέκατο βιβλίο είναι ίσως το πιο ενδιαφέρον από κινητική άποψη. Περιέχει την αναφορά μίας έκκεντρης θεωρίας των πλανητών Άρη, Δία και Κρόνου, ισοδύναμη

**Σχήμα Α** Γεωμετρικές κατασκευές που εξηγούν την κίνηση των πλανητών, όπου  $E$  η θέση της Γης,  $P$  η θέση του πλανήτη,  $C$  το κέντρο του τροχιακού κύκλου του πλανήτη και  $Q$  το εξισωτικό σημείο: (α) κύκλος φέρων επίκυκλο (β) κινητό έκκεντρο (γ) εξισωτής (δ) συνδυασμός των προηγούμενων.

με την επικυκλική θεωρία που χρησιμοποιείται από τον Πτολεμαίο.

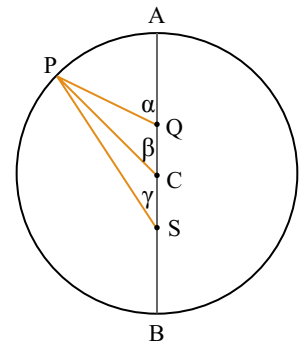
Τέλος, το δέκατο τρίτο βιβλίο περιέχει τη θεωρία των κατά Πλάτος αποκλίσεων των πλανητών από την εκλειπτική.

Η Αλμαγέστη γνώρισε στους 18 αιώνες της ζωής της πλήθος εκδόσεων, τόσο το πρωτότυπο ελληνικό κείμενο, όσο και μεταφράσεις σε διάφορες γλώσσες.



**Σχήμα Β**

Στοιχεία της κίνησης ενός πλανήτη, όπου:  $P$  η θέση του πλανήτη,  $C$  το κέντρο του τροχιακού κύκλου του πλανήτη,  $S$  η θέση του Ηλίου,  $A$  το αφήλιο,  $B$  το περιήλιο της τροχιάς και  $Q$  το εξισωτικό σημείο, με  $QS = e$  η εκκεντρότητα της τροχιάς. Επίσης, οι γωνίες  $\alpha$ ,  $\beta$  και  $\gamma$  εκφράζουν τη μέση, έκκεντρη και αληθή ανωμαλία της κίνησης, αντίστοιχα.



## 4.2 Περιγραφή του πτολεμαϊκού πλανητικού συστήματος

### 4.2.1 Γενικό μοντέλο της κίνησης των πλανητών

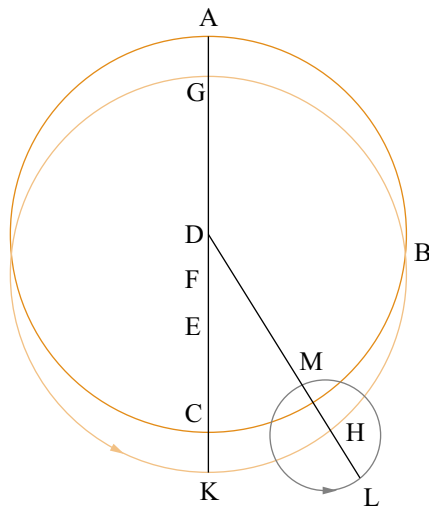
Ο Πτολεμαίος ξεκινά τη μελέτη των πλανητών με την παραδοχή ότι η παρατηρούμενη κίνησή τους πρέπει να μπορεί να ερμηνευτεί με βάση την ομοιόμορφη και κυκλική κίνηση. Οι παρατηρούμενες όμως κινήσεις δεν είναι ομοιόμορφες και κυκλικές. Την ανωμαλία των παρατηρούμενων κινήσεων τις χωρίζει σε δύο είδη: αυτές που είναι σε σχέση με τον Ήλιο (ηλιακή ανωμαλία) και αυτές σε σχέση με τα μέρη του ζωδιακού κύκλου (ζωδιακή ανωμαλία), στις οποίες αναφερόμαστε με λεπτομέρεια στα αντίστοιχα κεφάλαια των εσωτερικών και εξωτερικών πλανητών.

Σύμφωνα με τον Πτολεμαίο, η ανωμαλία στην κίνηση των πλανητών οφείλεται αφε-



νός στο γεγονός ότι το απόγειο και το περίγειο της τροχιάς τους δεν είναι ακίνητα και αφετέρου στο ότι οι επίκυκλοι δεν κινούνται ομαλά γύρω από το κέντρο των φέροντων κύκλων. Για το λόγο αυτό δέχεται ότι τα απόγεια και τα περίγεια πραγματοποιούν μία ελαφρά μετατόπιση  $1^\circ$  ανά 100 χρόνια ανατολικά από τα τροπικά σημεία και γύρω από το κέντρο της εκλειπτικής — το οποίο, κατά τον Πτολεμαίο, θεωρείται η Γη— η οποία είναι ίση με τη μετατόπιση της σφαίρας των απλανών αστερών, και επινοεί τον εξισωτή, ένα υποθετικό σημείο που τοποθετεί πάνω στη διάμετρο του φέροντος κύκλου, έτσι ώστε το κέντρο αυτού να διχοτομεί την απόσταση ανάμεσα στο υποθετικό αυτό σημείο και το κέντρο της εκλειπτικής. Έτσι υιοθετεί ένα μοντέλο που εξηγεί ικανοποιητικά την κίνηση των πλανητών, εκτός του Ερμή, η κίνηση του οποίου παρουσιάζει ιδιαιτερότητες, που θα εξετάσουμε παρακάτω.

Ας θεωρήσουμε λοιπόν τον έκκεντρο κύκλο ABC του Σχήματος 4.1. με κέντρο D και διάμετρο ADC, η οποία διέρχεται από το απόγειο και το περίγειο στα σημεία A και C και το κέντρο της εκλειπτικής στο σημείο E. Υποθέτουμε, τώρα, ότι η απόσταση DE διχοτομείται στο F και με αυτό ως κέντρο και το τμήμα DA ως ακτίνα σχεδιάζουμε το φέροντα κύκλο GHK, ίσο με τον ABC. Σχεδιάζουμε επίσης τον επίκυκλο LM με κέντρο το σημείο H και φέρνουμε την ευθεία LHMD.



**Σχήμα 4.1**

*Γενικό Μοντέλο της περιστροφής των πλανητών*

Για λόγους ευκολίας θεωρούμε ότι ο έκκεντρος κύκλος, ο επίκυκλος και η Γη βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο —αφού κάτι τέτοιο δε θα επηρεάσει τα αποτελέσματά μας— αν και στην πραγματικότητα τα επίπεδά τους σχηματίζουν γωνία. Όλο το επίπεδο λοιπόν στρέφεται ανατολικά προς την κατεύθυνση των ζωδίων γύρω από τη Γη, μετακινώντας τα απόγειο και το περίγειο κατά  $1^\circ$  ανά 100 χρόνια.

Η διάμετρος LHM του επικύκλου περιστρέφεται ομαλά γύρω από τον εξισωτή στο σημείο D ανατολικά προς την κατεύθυνση των ζωδίων, παρασύροντας στην κίνηση τα σημεία L και M και το κέντρο H του επικύκλου.

Τέλος, ο πλανήτης κινείται πάνω στον επίκυκλο LM ανατολικά προς το απόγειό του στο L, περιστρεφόμενος ομαλά γύρω από τον εξισωτή D.

#### 4.2.2 Οι εξωτερικοί πλανήτες

Η γεωκεντρική θεωρία τοποθετεί τους εξωτερικούς πλανήτες Άρη, Δία και Κρόνο ανάμεσα στον Ήλιο και τη σφαίρα των απλανών αστέρων. Οι πλανήτες αυτοί κινούνται από τη δύση προς την ανατολή κατά μήκος της εκλειπτικής με διαφορετικές ταχύτητες και η γωνιακή τους απόσταση από τον Ήλιο μπορεί να φτάσει, σε αντίθεση με τους εσωτερικούς πλανήτες, έως και τις  $180^\circ$ . Επίσης, όποτε ο Ήλιος βρίσκεται σε αντίθεση με κάποιον από τους πλανήτες αυτούς, η προς την ανατολή κίνηση του πλανήτη σταματά (έχουμε δηλαδή στάση). Μετά τη στάση ο πλανήτης κινείται προς τα δυτικά (παλινδρόμηση), έπειτα φαίνεται να σταματά για δεύτερη φορά και στη συνέχεια να κινείται προς την ανατολή.

Κατά τη διάρκεια της κίνησης του Ήλιου προς τον εκάστοτε εξωτερικό πλανήτη, ο πλανήτης φαίνεται να κινείται όλο και περισσότερο προς τα ανατολικά, έως ότου ο Ήλιος τον προσπεράσει. Στη συνέχεια όλο και πιο αργά, μέχρι να πραγματοποιήσει μια νέα στάση. Ο χρόνος, τώρα, ανάμεσα σε μια πραγματοποιηθείσα στάση και την αμέσως επόμενη της ονομάζεται **ένας κύκλος ηλιακής ανωμαλίας**. Επιπλέον το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο στάσεων, όπου η κίνηση του πλανήτη πραγματοποιείται προς τα ανατολικά, είναι πολύ μεγαλύτερο από την κίνηση του πλανήτη προς τα δυτικά. Η ταχύτητα με την οποία κινείται ο πλανήτης μεταξύ των στάσεων ποικίλλει για διαφορετικές θέσεις του Ήλιου πάνω στην εκλειπτική. Η ποικιλία αυτή ονομάζεται **ζωδιακή ανωμαλία**. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι ο αριθμός των περιστροφών του Ήλιου είναι πάντα ίσος με το άθροισμα του αριθμού των κατά μήκος περιστροφών του πλανήτη με τον αριθμό των περιστροφών του σε ανωμαλία<sup>[22]</sup>.

Τέλος, είναι απαραίτητο να σημειώσουμε ότι οι παρατηρήσεις που χρησιμοποιούνται για τη μελέτη των εξωτερικών πλανητών αναφέρονται σε ηλιακές αντιθέσεις, διότι μόνο στις περιπτώσεις αυτές είναι ορατή από τη Γη η πραγματική θέση του πλανήτη.

[22] Η κίνηση κατά μήκος αναφέρεται στην κίνηση του κέντρου του επικύκλου γύρω από το φέροντα, ενώ η κίνηση σε ανωμαλία αναφέρεται στην κίνηση του πλανήτη πάνω στον επίκυκλο.

### 4.2.3 Οι εσωτερικοί πλανήτες

Οι εσωτερικοί πλανήτες Ερμής και Αφροδίτη, σύμφωνα με το γεωκεντρικό σύστημα του Πτολεμαίου, βρίσκονται ανάμεσα στη Γη και τον Ήλιο. Το γεγονός που χαρακτηρίζει αυτούς τους δύο πλανήτες είναι ότι κινούνται πολύ κοντά κατά μήκος της εκλειπτικής και χωρίς να απομακρύνονται από τον Ήλιο. Πιο συγκεκριμένα, η μέγιστη απομάκρυνση του Ερμή από τον Ήλιο δε φαίνεται να ξεπερνά τις  $25^\circ$ , ενώ αυτή της Αφροδίτης τις  $45^\circ$ . Αυτό έχει ως συνέπεια να εμφανίζονται εναλλάξ ως βραδινά και πρωινά αστέρια. Ο κύκλος που εκτελεί καθένας από τους δύο αυτούς πλανήτες από μια μέγιστη απομάκρυνση από τη μέση θέση του Ήλιου (έστω ανατολική) έως την επόμενη μέγιστη ανατολική απομάκρυνση ονομάζεται **περιστροφή ηλιακής ανωμαλίας**. Επιπλέον, το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε μια δυτική και μια ανατολική απομάκρυνση είναι μεγαλύτερο από αυτό ανάμεσα σε μια ανατολική έως την επόμενη δυτική.

Έχει παρατηρηθεί ότι για διαφορετικές θέσεις του Ήλιου πάνω στην εκλειπτική οι μέγιστες απομακρύνσεις είναι μικρότερες ή μεγαλύτερες, αλλά πάντοτε ίδιες για το ίδιο σημείο. Έχει επίσης αποδειχτεί ότι το άθροισμα της μέγιστης ανατολικής και μέγιστης δυτικής απομάκρυνσης για κάθε θέση του Ήλιου γίνεται μέγιστο σε ένα σημείο κι αρχίζει σταδιακά, από τη μια και την άλλη πλευρά της εκλειπτικής, να μειώνεται, έως ότου γίνει ελάχιστο στο ακριβώς αντιδιαμετρικό σημείο. Αυτή η μεταβολή της φαινόμενης ηλιακής ανωμαλίας καλείται **ζωδιακή ανωμαλία**.

Η εύρεση των θέσεων του απόγειου και του περιγείου της τροχιάς των εσωτερικών πλανητών μπορεί να επιτευχθεί με τη βοήθεια μιας πρωινής και μιας βραδινής παρατήρησης της μέγιστης απομάκρυνσής τους από τον Ήλιο. Είναι προφανές ότι, εάν οι τιμές αυτών είναι ίσες, τότε οι θέσεις του απόγειου και του περιγείου θα βρίσκονται στα μεσοσημεία μεταξύ των δύο θέσεων του Ήλιου, κατά τις παρατηρήσεις.

### 4.3 Νικόλαος Κοπέρνικος

Ο Νικόλαος Κοπέρνικος (πολωνικά *Nikolaj Kopernik*), γεννημένος στις 19 Φεβρουαρίου του 1473 στην πόλη Τορόύν της ανατολικής Πολωνίας, ήταν το νεότερο από τα τέσσερα παιδιά ενός εύπορου εμπόρου με σημαντική κοινωνική θέση. Μετά το θάνατο του πατέρα του το 1484, την κηδεμονία του αναλαμβάνει ο κληρικός θείος του (από τη μητέρα του) *Lucas Waczenrode*, ο οποίος λίγο αργότερα, το 1489, θα γίνει επίσκοπος του *Ermland*. Έτσι ο μικρός Νικόλαος ωθείται προς την Εκκλησία.

Το 1491 αρχίζει τις σπουδές του στο Πανεπιστήμιο της Κρακοβίας, όπου του αναπτύσσεται το ενδιαφέρον για τη μελέτη των μαθηματικών και της αστρονομίας. Μελετά ιδιαίτερα με τον *Albert Brudzewski*, συγγραφέα ερμηνευτικών σχολίων

πάνω στο εγχειρίδιο της πτολεμαϊκής αστρονομίας του Georg Peuerbach<sup>[23]</sup> και επικεφαλής της ουμανιστικής ομάδας του πανεπιστημίου. Από αυτόν διδάσκεται όχι μόνο μαθηματικά και αστρονομία, αλλά συγχρόνως μυείται στις ανθρωπιστικές σπουδές. Το 1494 εγκαταλείπει την Κρακοβία και επιστρέφει στο Τορόν, χωρίς να δώσει τις τελικές εξετάσεις για το πτυχίο του.

Ο μόλις εκλεγμένος επίσκοπος του Ermland, θείος του, βλέπει στο πρόσωπο του Κοπέρνικου το διάδοχό του Ζ τον στέλνει έτσι να συνεχίσει τις σπουδές του στην Ιταλία, μέχρι να δημιουργηθεί η ανάλογη θέση. Ο Κοπέρνικος πηγαίνει στην αρχή στην Μπολόνια, στο πανεπιστήμιο της οποίας σπουδάζει κανονικό δίκαιο. Παράλληλα δεν παύει να ασχολείται με την αστρονομία και τα μαθηματικά, μαθαίνει ελληνικά και συνδέεται με τον πλατωνιστή Domenico Maria de Novara, ο οποίος είχε ανιχνεύσει την ελάττωση που εμφανίζεται στη λόξωση της εκλειπτικής<sup>[24]</sup> και την απόκλιση κατά πλάτος. Στην Μπολόνια πραγματοποιεί και την πρώτη του αστρονομική παρατήρηση, μία επιπρόσθηση (επικάλυψη) του αστέρα Αλδεβαράν από τη Σελήνη στις 9 Μαρτίου 1497. Την ίδια χρονιά τοποθετείται σε θέση κληρικού στο Φράουενμπουργκ, απ' όπου όμως παίρνει αμέσως άδεια για να συνεχίσει τις σπουδές του. Το 1500 ταξιδεύει στη Ρώμη για τον εορτασμό του μεγάλου Ιωβηλαίου, όπου και δίνει ορισμένες διαλέξεις για τα μαθηματικά. Τον επόμενο χρόνο περνά για λίγο από το Φράουενμπουργκ και σύντομα επιστρέφει στην Ιταλία για να σπουδάσει ιατρική στο Πανεπιστήμιο της Πάδοβας. Εκεί μένει από το 1501 μέχρι το 1505, με εξαίρεση ένα μικρό χρονικό διάστημα μέσα στο 1503, όταν του απονεμήθηκε από το Πανεπιστήμιο της Φερράρας ο τίτλος του διδάκτορα του Κανονικού Δικαίου.

Το 1506 επιστρέφει στην Πολωνία και εργάζεται για τα επόμενα έξι χρόνια ως γραμματέας του θείου του, για χάρη του οποίου δημοσιεύει το 1509 μία μετάφραση στα λατινικά στίχων του Βυζαντινού ποιητή του 7ου μ.Χ. αιώνα Θεοφύλακτου. Μετά το θάνατο του επισκόπου, το 1512, εγκαθίσταται μόνιμα στο Φράουενμπουργκ, στην εκκλησία του οποίου υπηρετεί ως κληρικός για το υπόλοιπο της ζωής του και όπου αναπτύσσει πλούσια δραστηριότητα. Αν και ποτέ δεν ανέβηκε στην κλίμακα της εκκλησιαστικής ιεραρχίας, ωστόσο αναλαμβάνει την επίσημη εκπροσώπηση της

[23] Αυστριακός μαθηματικός και αστρονόμος του 15ου αιώνα (1423–1461), δάσκαλος του Regiomontanus. Ασχολήθηκε με την τριγωνομετρία (εισηγητής του ημιτόνου) και εκπόνησε την πρώτη πλήρη μετάφραση της Αλμαγέστης στα λατινικά από το πρωτότυπο ελληνικό κείμενο. Μέχρι τότε το έργο του Πτολεμαίου ήταν γνωστό στη δυτική Ευρώπη μέσα από ατελείς αραβικές μεταφράσεις.

[24] Η λόξωση της εκλειπτικής είναι η στερεά γωνία που σχηματίζεται από τα επίπεδα της εκλειπτικής και του ουράνιου ισημερινού. Η μέση τιμή της είναι ίση με  $23^{\circ}27'$ .

εκκλησίας του Φράουενμπουργκ σε διάφορες θεολογικές συζητήσεις. Παρ'όλα αυτά, δεν εμπλέκεται σε διαμάχες σχετικές με τη Μεταρρύθμιση. Μετά τον πόλεμο ανάμεσα στην Πολωνία και τους Τεύτονες Ιππότες, από το 1519 ως το 1521, σχεδιάζει και βοηθά στην ανοικοδόμηση του Ermland, στην επισκοπή του οποίου υπηρετεί ως επίτροπος, ενώ παράλληλα προσφέρει τις ιατρικές του γνώσεις αφιλοκερδώς για την ανακούφιση των άπορων ασθενών. Συγχρόνως, μεταξύ 1519 και 1526, προετοιμάζει μία μελέτη σχετικά με τις αρχές μιας νομισματικής μεταρρύθμισης σε ορισμένες επαρχίες της Πολωνίας, η οποία όμως δε δημοσιεύτηκε στη Βαρσοβία παρά μόνο μετά το 1816.

Παράλληλα με τα πολλαπλά καθήκοντά του ο Κοπέρνικος ασχολείται με την αστρονομία, όπου καταστρώνει πρόγραμμα συστηματικής μελέτης. Συνεχίζει τις αστρονομικές παρατηρήσεις που ξεκίνησε στην Ιταλία και ιδρύει παρατηρητήριο στο Φράουενμπουργκ, αν και για την ανάπτυξη της θεωρίας του ηλιοκεντρικού συστήματος στηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά σε παλαιότερες παρατηρήσεις. Την περίοδο 1497–1529 δημοσιεύει 27 τέτοιες παρατηρήσεις, ενώ μερικές ακόμα βρέθηκαν καταχωρημένες σε βιβλία της προσωπικής του βιβλιοθήκης.

Η φήμη του Κοπέρνικου ως δεινού αστρονόμου διαδίδεται με γοργό ρυθμό. Έτσι το 1514 προσκαλείται στο συμβούλιο του Λατερανού για να εκφράσει τη γνώμη του αναφορικά με την προτεινόμενη ημερολογιακή μεταρρύθμιση. Αρνείται όμως να διατυπώσει τελικές απόψεις, υποστηρίζοντας ότι οι κινήσεις του Ήλιου και της Σελήνης δεν είναι ακόμη γνωστές με την απαιτούμενη για το σκοπό αυτό ακρίβεια.

Αν και η διαφωνία του με το πτολεμαϊκό αστρονομικό σύστημα χρονολογείται ήδη από την εποχή των σπουδών του στην Ιταλία και η επεξεργασία του ηλιοκεντρικού συστήματος ξεκινά αμέσως μετά την επιστροφή του στην Πολωνία, ο Κοπέρνικος εμφανίζεται ιδιαίτερα διστακτικός στο να δημοσιοποιήσει τις θέσεις του σχετικά με την κίνηση της Γης και να έρθει έτσι αντιμέτωπος με την αστρονομική αλλά και θεολογική παράδοση αιώνων. Η πρώτη εμφάνιση των απόψεών του γίνεται γύρω στο 1510, σε ένα σύντομο χειρόγραφο με τίτλο *Commentariolus*, το οποίο κυκλοφορεί ιδιωτικά μεταξύ φίλων του. Με την πάροδο των ετών ο Κοπέρνικος αρχίζει να υποστηρίζει τις απόψεις του με διαγράμματα και μαθηματικούς υπολογισμούς, ενώ το 1533 ο Αυστριακός Johann Albrecht von Widmanstadt περιγράφει τις βασικές αρχές της νέας θεωρίας στον πάπα Κλήμη Ζ', ο οποίος και την επιδοκιμάζει. Έτσι την 1η Νοεμβρίου 1536 ο καρδινάλιος Nikolaus Schönberg γράφει στον Κοπέρνικο, ζητώντας του να προχωρήσει στη δημοσίευση της πλήρους θεωρίας του· ο Κοπέρνικος όμως εξακολουθεί να είναι διστακτικός.

Την άνοιξη του 1539 ο Κοπέρνικος δέχεται την επίσκεψη του Georg Joachim von

Lauchen, γνωστότερου με το λατινικό όνομα Rheticus<sup>[25]</sup>, ο οποίος γίνεται (ο μοναδικός) μαθητής του Πολωνού αστρονόμου, μελετά τις λεπτομέρειες του ηλιοκεντρικού συστήματος και το 1540 δημοσιεύει, με την έγκριση του δασκάλου του, μία γενική περιγραφή της θεωρίας υπό τον τίτλο *Narratio Prima*, που προκαλεί θετικές αντιδράσεις.

Με την πάροδο του χρόνου ο Κοπέρνικος ενδίδει τελικά —όπως δηλώνει και ο ίδιος— στις πιέσεις των φίλων του και δίνει την άδειά του στο Rheticus να δημοσιεύσει το πλήρες κείμενο του *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (*Περί της Περιστροφής των Ουράνιων Σφαιρών*), την έκδοση του οποίου μόλις προλαβαίνει να δει. Ήδη από το τέλος του 1542 καταλαμβάνεται από αποπληξία και παράλυση και στις 24 Μαΐου 1543 του παρουσιάζεται ένα αντίτυπο του βιβλίου του, λίγο πριν πεθάνει. Θάφτηκε στον καθεδρικό ναό του Φράουενμπουργκ.

#### 4.3.1 «Περί της Περιστροφής των Ουράνιων Σφαιρών»

Τα θετικά σχόλια που ακολουθούν την έκδοση του *Narratio Prima* και οι πιέσεις των φίλων του πείθουν τελικά τον Κοπέρνικο πως έφτασε η στιγμή να δει το *De Revolutionibus* το φως της δημοσιότητας. Έτσι, ο Rheticus αναχωρεί για τη Νυρεμβέργη, εφοδιασμένος με το πλήρες κείμενο του βιβλίου και επιφορτισμένος με την επιμέλεια της έκδοσής του. Την εκτύπωση αναλαμβάνει ένας από τους καλύτερους τυπογράφους της πόλης, ο Johannes Petreius. Η αντίθεση όμως του Rheticus με το Μαρτίνο Λούθηρο και το Φίλιππο Μελάγχθωνα τον αναγκάζει να αναχωρήσει για τη Λειψία και να αφήσει την επιμέλεια της έκδοσης στο φίλο του Andreas Osiander<sup>[26]</sup>.

Ο Osiander διαβλέπει τις αντιδράσεις που μπορεί να προκαλέσει στους θεολογικούς και αριστοτελικούς κύκλους η δημοσίευση ενός τέτοιου έργου, ενώ συγχρόνως η προτεσταντική του συνείδηση αντιδρά στην καταφανή αντίθεση της θεωρίας του Κοπέρνικου με την κυρίαρχη θεολογική άποψη γι' αυτά τα θέματα. Έτσι, στις 20

[25] Ο Rheticus γεννήθηκε το 1514 στο Feldkirch. Μετά από σπουδές στη Ζυρίχη πηγαίνει το 1532 στο Wittenberg και το 1536 γίνεται καθηγητής των Μαθηματικών στο εκεί πανεπιστήμιο. Προτεστάντης και αρχικά προστατευόμενος του Φίλιππου Μελάγχθωνα, έρχεται σε σύγκρουση μαζί του, όταν δημοσιεύεται το *Narratio Prima*, και το 1542 φεύγει για τη Λειψία, όπου καταλαμβάνει έδρα στο πανεπιστήμιο της πόλης. Εκτός από την ενασχόλησή του με το έργο του Κοπέρνικου, δημοσίευσε το *Opus Palatinum de Triangulis*, που αποτελεί το σημαντικότερο έργο τριγωνομετρίας του 16ου αιώνα. Πέθανε το 1576.

[26] Ο Andreas Osiander (1498–1552), ιεροκήρυκας στη Lorenzkirche της Νυρεμβέργης το 1522, ήταν ένας από τους πρώτους οπαδούς του Λούθηρου, αν και είχε διαφορετική από αυτόν άποψη σχετικά με ορισμένα θεολογικά ζητήματα. Το 1548 εξαναγκάζεται σε φυγή από τη Νυρεμβέργη και καταφεύγει πρώτα στο Breslau και στη συνέχεια στο Königsberg, όπου γίνεται καθηγητής στο ιδρυμένο από τον Αλβέρτο της Πρωσίας πανεπιστήμιο.

Απριλίου 1541, γράφει στον Κοπέρνικο προτείνοντάς του να γράψει έναν πρόλογο, στον οποίο θα διευκρινίζει ότι η θεωρία του αποτελεί περισσότερο ένα μαθηματικό εργαλείο για την πρόβλεψη των ουράνιων φαινομένων (που είναι κατά τον Oslander ο μόνος ρόλος της αστρονομίας, δηλαδή να «σώζει τα φαινόμενα») και όχι μία απόπειρα εξήγησης της φυσικής πραγματικότητας. Ο Κοπέρνικος όχι μόνο δε συμφωνεί, αλλά, όπως θα δούμε ακολούθως, πράττει ακριβώς το αντίθετο στο γράμμα της αφιέρωσης του έργου στον πάπα Παύλο Γ'. Η αντίθεση του Κοπέρνικου ωστόσο δεν πτοεί τον Oslander, ο οποίος προβαίνει στην προσθήκη στο *De Revolutionibus* ενός ανυπόγραφου προλόγου, όπου και εκθέτει τις απόψεις του που προαναφέρθηκαν, προτρέποντας συγχρόνως τον αναγνώστη του έργου να αντιδράσει ψύχραιμα στα καινά δαιμόνια που εισάγει η κοπερνίκεια θεωρία.<sup>[27]</sup>

Τον πρόλογο του Oslander ακολουθεί η αφιέρωση του έργου, που αντικατέστησε στο τυπωμένο κείμενο την εισαγωγή του χειρόγραφου. Σε αυτήν ο Κοπέρνικος απευθύνεται στον πάπα Παύλο Γ' και του εκφράζει την πεποίθησή του ότι το έργο του και ο ίδιος προσωπικά θα δεχτούν σφοδρές επιθέσεις από ανθρώπους που θα ξαφνιαστούν από την καινοφανή θεωρία και θα σπεύσουν να αντιδράσουν, χωρίς να τη μελετήσουν ή χωρίς να έχουν τις ικανότητες να κάνουν κάτι τέτοιο. Για το λόγο αυτό άλλωστε άργησε τόσο πολύ να προβεί στη δημοσιοποίηση των απόψεών του και τελικά το έκανε μετά από ισχυρές πιέσεις πολλών φίλων του, όπως ο καρδινάλιος της Capua Nikolaus Schönberg και ο επίσκοπος του Culm Tiedeman Giese.<sup>[28]</sup>

Στη συνέχεια περιγράφει την πορεία που τον οδήγησε στη διατύπωση της ηλιοκεντρικής θεωρίας: την αναντιστοιχία του πτολεμαϊκού συστήματος με τις παρατηρήσεις, τις απόψεις διάφορων προγενέστερων αστρονόμων, στους οποίους δεν είναι άγνωστη η έννοια του ηλιοκεντρικού συστήματος, και, τέλος, τους δικούς του υπολογισμούς, η διεξοδικότητα και η ενδελέχεια των οποίων είναι τέτοια, ώστε είναι σίγουρος ότι θα εκτιμηθούν από τους μαθηματικούς, οι οποίοι –κατά τον Κοπέρνι-

[27] Ο πρόλογος του Oslander προστάταγε το έργο του Κοπέρνικου από αρκετές επιθέσεις. Είναι ενδεικτικό άλλωστε ότι το *De Revolutionibus* μπήκε στο Index (τον κατάλογο των απαγορευμένων από την Καθολική Εκκλησία βιβλίων) μόλις το 1616. Ωστόσο το γεγονός ότι η πατρότητα του προλόγου, χωρίς να έχει μείνει κρυφή, δεν ήταν ευρέως γνωστή οδήγησε πολλούς στο να κατηγορήσουν τον Κοπέρνικο για υποκρισία, λόγω της αναντιστοιχίας του προλόγου με την αφιέρωση και το υπόλοιπο έργο.

[28] Η μη αναφορά του ονόματός του στην εισαγωγή του *De Revolutionibus* λέγεται ότι προκάλεσε ιδιαίτερη πικρία στο Rheticus. Ωστόσο θα ήταν δύσκολο να φανταστεί κανείς σε ένα γράμμα αφιέρωσης που απευθυνόταν στον Πάπα την παράθεση του ονόματος ενός προτεστάντη δίπλα σε αυτά αξιωματούχων της Καθολικής Εκκλησίας.

κο—πρέπει να είναι και οι μόνοι αρμόδιοι για το θέμα· η κρίση μίας αστρονομικής θεωρίας απαιτεί μαθηματικές γνώσεις, χωρίς τις οποίες ακόμη και ένας επιφανής θεολόγος μπορεί να γελοιοποιηθεί, αναφέροντας ως παράδειγμα το Lactantius<sup>[29]</sup>, ο οποίος αρνούνταν τη σφαιρικότητα της Γης. Σκοπός του Κοπέρνικου δεν είναι να αποφύγει την επιστημονική κριτική αλλά τις λοιδορίες των αδαών. Για το λόγο αυτό αφιερώνει το βιβλίο του στον Πάπα, έχοντας την πεποίθηση ότι η εντιμότητά του και η αγάπη του για την επιστήμη θα το προστατέψει από συκοφαντίες και άδικες κατηγορίες. Άλλωστε (και με αυτό κλείνει αυτή η οιονεί εισαγωγή), το έργο του Κοπέρνικου αποτελεί μία συμβολή στην εκκλησιαστική τάξη και ευημερία, αφού με τη θεωρία του μπορούν να υπολογιστούν οι θέσεις των ουράνιων σωμάτων με μεγαλύτερη ακρίβεια, με αποτέλεσμα να καθίσταται περισσότερο εφικτή η λύση του προβλήματος του ημερολογίου, που ταλάνιζε εκείνη την εποχή την Εκκλησία.

Το κυρίως έργο τώρα αποτελείται από έξι βιβλία. Στο πρώτο βιβλίο ο Κοπέρνικος αναφέρεται στη σφαιρικότητα του σύμπαντος και της Γης και στην κανονικότητα της κίνησης των ουράνιων σωμάτων. Παραθέτει τους λόγους για τους οποίους οι αρχαίοι πίστευαν ότι η Γη είναι ακίνητη και τους ανασκευάζει, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι ο Ήλιος, και όχι η Γη, βρίσκεται ακίνητος στο κέντρο του σύμπαντος. Με αυτό ως δεδομένο, δίνει μία νέα σειρά των πλανητών, με βάση πλέον την απόστασή τους από τον Ήλιο, και κλείνει το βιβλίο αναφερόμενος σε κάποιους βασικούς γεωμετρικούς κανόνες.

Το πρώτο βιβλίο του *De Revolutionibus* είναι το πιο εύληπτο και κατανοητό κομμάτι του έργου, αφού οι διατυπώσεις που χρησιμοποιεί ο Κοπέρνικος είναι κατά κύριο λόγο περιγραφικές και όχι μαθηματικές, σε αντίθεση με το υπόλοιπο έργο, όπου έχουμε μία πληθώρα υπολογισμών, αποδείξεων και μαθηματικών τύπων, η κατανόηση των οποίων απαιτεί, πολλές φορές, ιδιαίτερες αστρονομικές και μαθηματικές γνώσεις.

Στο δεύτερο βιβλίο του έργου του ο Κοπέρνικος εφαρμόζει τους βασικούς μαθηματικούς κανόνες του πρώτου βιβλίου για την περιγραφή των φαινόμενων κινήσεων των αστερών και των πλανητών, αποδίδοντας τη φαινόμενη κίνηση του Ήλιου στις κινήσεις της Γης, ενώ το τρίτο βιβλίο περιλαμβάνει μία μαθηματική περιγραφή των κινήσεων της Γης, συμπεριλαμβανομένης και της μετάπτωσης των ισημεριών, η οποία αποδίδεται στη μεταπτωτική κίνηση του άξονα της Γης.

[29] Λατίνος εκκλησιαστικός συγγραφέας (3ος – 4ος αι.) με αξιόλογη μόρφωση. Διακρίθηκε ως δάσκαλος της ρητορικής και χαρακτηρίστηκε από τους ουμανιστές του 16ου αιώνα ως ο χριστιανός Κικέρωνας. Έγραψε πληθώρα έργων θεολογικού περιεχομένου, τα οποία, αν και δεν παρουσιάζουν την πληρότητα των εκκλησιαστικών συγγραφέων της Ανατολής, εντούτοις άσκησαν μεγάλη επίδραση στη λατινική Δύση.



Τέλος, τα τρία τελευταία βιβλία ασχολούνται με τις κινήσεις της Σελήνης και των υπόλοιπων πέντε πλανητών. Συγκεκριμένα, στο τέταρτο βιβλίο περιγράφεται αναλυτικά η περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη, στο πέμπτο οι κινήσεις των πλανητών Κρόνου, Δία, Άρη, Αφροδίτης και Ερμή και στο έκτο γίνονται κάποιες γενικές παρατηρήσεις πάνω στην κίνηση των πλανητών αυτών και παρέχονται διάφοροι πίνακες με στοιχεία των τροχιών τους.

Μετά την πρώτη έκδοση του *De Revolutionibus* το 1543 στη Νυρεμβέργη, έχουμε μία σειρά από εκδόσεις, είτε στα λατινικά είτε σε μετάφραση, οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- 1566, Φρανκφούρτη, μαζί με το *Narratio Prima*
- 1617, Άμστερνταμ, με τίτλο *Astronomia Instaurata* και επεξηγηματικές σημειώσεις από το Nicolaus Mullerus
- 1854, Βαρσοβία, μαζί με πολωνική μετάφραση
- 1873, Τορόντο, ex autoris autographo, που θεωρείται σήμερα η βασική έκδοση του έργου
- 1927, Παρίσι, πιστό αντίγραφο της πρώτης έκδοσης
- 1945, Μόναχο, φωτογραφική αναπαραγωγή του αυθεντικού χειρόγραφου του Κοπέρνικου στον πρώτο τόμο του *Gesamtausgabe* (*Άπαντα*) των έργων του και κριτική έκδοση του έργου στο δεύτερο τόμο (1949, Μόναχο).

Επιπροσθέτως ο πρόλογος και το πρώτο βιβλίο του *De Revolutionibus* έχουν εκδοθεί το 1933 στο Παρίσι, μαζί με γαλλική μετάφραση, από τον Alexandre Koyré, και το 1947 στο Λονδίνο, σε αγγλική μετάφραση, από τους John F. Dobson και Selig Brodetsky, ενώ το 1953 εκδόθηκαν στη Βαρσοβία, σε πολωνική μετάφραση με πληθώρα σχολίων, από την Πολωνική Ακαδημία των Επιστημών. Επίσης ολόκληρο το έργο έχει μεταφραστεί στα αγγλικά από τον Charles Glenn Wallis και περιλαμβάνεται στο 16ο τόμο της σειράς *Great Books of the Western World*, η οποία εκδόθηκε από την *Encyclopædia Britannica, Inc.* σε συνεργασία με το *University of Chicago* το 1952 και πραγματοποιήσε τη δέκατη ένατη έκδοσή της το 1971.

### 4.3.2 Περιγραφή του κοπερνίκειου πλανητικού συστήματος

Ο Κοπέρνικος, πριν εξετάσει την κίνηση του κάθε πλανήτη<sup>[30]</sup>, εξηγεί γιατί αυτή φαίνεται να είναι ανώμαλη, ενώ στην πραγματικότητα πρόκειται για μία **ομαλή κυκλική κίνηση**<sup>[31]</sup>. Έτσι ξεχωρίζει δύο είδη ανωμαλίας, την ανωμαλία που οφείλεται στην κίνηση της Γης ή αλλιώς την ανωμαλία της παράλλαξης, και την ανωμαλία που εμφανίζει η προσιδιάζουσα<sup>[32]</sup> κίνηση του πλανήτη. Αναλύοντας τις δύο αυτές περιπτώσεις αποδεικνύει πώς η —στην «πραγματικότητα»— ομαλή κυκλική κίνηση των πλανητών φαίνεται ανώμαλη σε έναν παρατηρητή που βρίσκεται στη Γη και εξηγεί τις ανάδρομες κινήσεις, τις στάσεις και τη μεταβολή του φαινομένου μεγέθους των πλανητών.

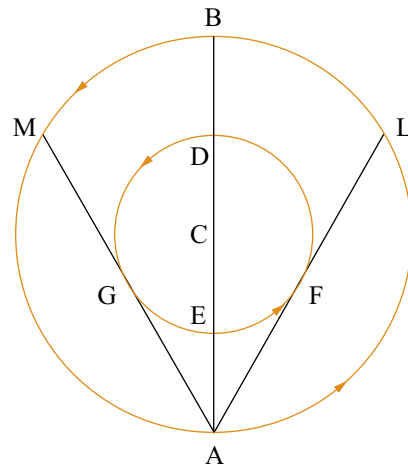
#### 4.3.2.1 Η φαινόμενη ανωμαλία στην κίνηση των πλανητών λόγω της κίνησης της Γης

Η πρώτη περίπτωση που μελετά ο Κοπέρνικος αναφέρεται στην ανωμαλία που εμφανίζεται στην κίνηση των πλανητών λόγω της κίνησης της Γης. Η μελέτη γίνεται για δύο υποπεριπτώσεις: πρώτα για την Αφροδίτη και τον Ερμή, οι τροχιές των οποίων περικλείονται από την τροχιά της Γης, και στη συνέχεια για τους υπόλοιπους τρεις εξωτερικούς πλανήτες, δηλαδή τον Κρόνο, το Δία και τον Άρη. Για όλους τους πλανήτες θεωρούμε ότι η ανωμαλία που οφείλεται στην κίνηση της Γης είναι και η μοναδική που παρουσιάζει η κίνησή τους, έτσι ώστε να καθίσταται πιο κατανοητή η ανάλυσή της.

[30] Ο Κοπέρνικος, ξεκινώντας το πέμπτο βιβλίο του *De Revolutionibus*, αναφέρεται στους πέντε πλανήτες (Κρόνο, Δία, Άρη, Αφροδίτη και Ερμή) χρησιμοποιώντας ονόματα σχετικά με το χρώμα του καθενός, την προέλευση των οποίων αποδίδει στον Τίμαιο του Πλάτωνα. Όμως, στο μοναδικό σημείο του Τίμαιου (38c5–38d7) όπου έχουμε περιγραφή του πλανητικού συστήματος, έχουμε ονομαστική αναφορά μόνο στην Αφροδίτη (εωσφόρος) και στον Ερμή (άστρον ιερόν Ερμού). Πιθανότατα ο Κοπέρνικος μπερδεύεται με την Πολιτεία, όπου εκεί (616e8–617a4) πράγματι ο Πλάτων προσδιορίζει στο μύθο του Ηρός του Αρμένιου όλους τους πλανήτες με βάση το χρώμα ή τη λαμπρότητά τους. Αξίζει να σημειώσουμε ότι τον καιρό που γράφεται ο Τίμαιος (περ.359–347 π.Χ.) μόνο η Αφροδίτη έχει από τους πλανήτες δικό της όνομα (ονομάζεται εωσφόρος ήδη από τα ομηρικά έπη). Αυτό που επιχειρεί ο Πλάτων στον Τίμαιο με τον πλανήτη Ερμή, να του αποδώσει δηλαδή την επωνυμία ενός θεού, επεκτείνεται και στους άλλους πλανήτες στην Επινομίδα (986 κ.ε.). Ο τρόπος αυτός επονομασίας θα διατηρηθεί στον Αριστοτέλη και το Θεόφραστο. Για την ιστορία των ονομάτων των πλανητών στην αρχαία γραμματεία βλ. Cumont, F. «Les noms des planètes et l'astrolatrie chez les Grecs», *Antiquité Classique*, 4 (1935), σελ. 5–43. Ο Cumont θεωρεί ότι εισηγητής των ονομάτων αυτών είναι ο Εύδοξος ο Κνίδιος, τις στενές σχέσεις του οποίου με την ανατολική φιλοσοφία θεωρεί δεδομένες, άποψη που ωστόσο έχει δεχτεί σοβαρή κριτική. Ευχαριστώ τον κ. Δ. Πρέντζα για το σχόλιο αυτό.

[31] Η έννοια της ομαλής κυκλικής κίνησης, θεμέλιος λίθος της πλατωνικής θεώρησης του σύμπαντος (βλ. Τίμαιος 34a), παραμένει και στο έργο του Κοπέρνικου βασικό στοιχείο της κοσμοθεωρίας του.

[32] Ο όρος προσιδιάζουσα κίνηση περιγράφει την κίνηση του πλανήτη που θα κατέγραφε παρατηρητής ευρισκόμενος σε αδρανειακό σύστημα αναφοράς, όπως θα την αποδίδαμε με σύγχρονη ορολογία.

**Σχήμα 4.2**

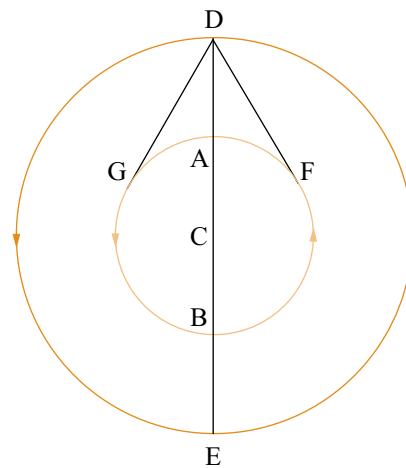
*Η κίνηση των εσωτερικών πλανητών*

Έστω λοιπόν AB ο έκκεντρος στον Ήλιο<sup>[33]</sup> κύκλος, που περιγράφει το κέντρο της Γης κατά την ετήσια περιφορά της, και C το κέντρο του και DE η κυκλική τροχιά της Αφροδίτης ή του Ερμή, ομόκεντρη με τον AB. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι τα επίπεδα που ορίζουν οι κύκλοι DE και AB σχηματίζουν στην πραγματικότητα γωνία· για λόγους ευκολίας όμως μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι δύο κύκλοι βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, χωρίς να επηρεάζεται η ορθότητα των συμπερασμάτων μας. Έστω τώρα ότι η Γη βρίσκεται στο σημείο A και από το σημείο αυτό χαράσσουμε τις οπτικές ακτίνες AFL και AGM, οι οποίες εφάπτονται στον κύκλο του πλανήτη στα σημεία F και G. Ας θεωρήσουμε τώρα ότι η κίνηση του πλανήτη γίνεται προς την ίδια κατεύθυνση με αυτή της Γης, αλλά με μεγαλύτερη ταχύτητα. Ως αποτέλεσμα θα έχουμε ότι το σημείο C και η γραμμή ACB θα φαίνονται σε έναν παρατηρητή που βρίσκεται στο σημείο A να μετακινούνται σε συμφωνία με τη μέση κίνηση του Ήλιου. Στον κύκλο DFG όμως ο πλανήτης θα διατρέχει το τόξο FDG σε μεγαλύτερο χρόνο απ' ό,τι το υπολειπόμενο τόξο GEF και στο άνω τόξο θα προσθέτει στη μέση κίνηση του Ήλιου τη γωνία FAG, ενώ στο κάτω τόξο θα την αφαιρεί. Συνεπώς, όπου η αφαιρετική κίνηση του πλανήτη, ειδικά γύρω από το περίγειο E, είναι μεγαλύτερη από την προσθετική κίνηση του C, θα φαίνεται στον παρατηρητή που βρίσκεται στο A ότι ο πλανήτης παλινδρομεί – όπως ακριβώς συμβαίνει με τους πλανήτες αυτούς όταν ο λόγος των αποστάσεων CE προς AE είναι μεγαλύτερος από το λόγο της κίνησης στο A προς την κίνηση του πλανήτη, όπως έδειξε ο Απολλώνιος ο Περγαίος. Όμως, όπου η προσθετική κίνηση είναι ίση με την αφαι-

[33] Ο Κοπέρνικος έχει ήδη δείξει στο δεύτερο βιβλίο του De Revolutionibus ότι το κέντρο της τροχιάς της Γης δεν είναι ο Ήλιος, αλλά ένα σημείο κοντά σε αυτόν, το οποίο και χαρακτηρίζεται ως η μέση θέση του Ήλιου.

ρετική, ο πλανήτης φαίνεται να σταματά, λόγω της εξισορρόπησης των κινήσεων. Όλα αυτά συμφωνούν, όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε, με τα φαινόμενα. Στην παράγραφο αυτή εμπεριέχεται, αν και δεν αναφέρεται ρητά, ένα από τα ισχυρότερα επιχειρήματα υπέρ της ορθότητας του κοπερνίκειου μοντέλου. Ο Κοπέρνικος κατορθώνει στο σημείο αυτό να εξηγήσει τις φαινόμενες παλινδρομήσεις και στάσεις των πλανητών και, ακόμα σημαντικότερο, την περιορισμένη απομάκρυνση των εσωτερικών πλανητών από τη θέση του Ήλιου ως άμεση συνέπεια του σκληρού πυρήνα της θεωρίας του, δηλαδή της κίνησης της Γης και όχι χρησιμοποιώντας ad hoc συνθήκες, όπως ο Πτολεμαίος, ο οποίος, για τον ίδιο σκοπό, θέτει στην κίνηση των εσωτερικών πλανητών περιορισμούς που δεν προκύπτουν από πουθενά.

Το μοντέλο αυτό θα ήταν αρκετό, εάν δεν υπήρχαν άλλες ανωμαλίες στην κίνηση των πλανητών, όπως θεωρούσε ο Απολλώνιος. Όμως οι μέγιστες γωνιακές αποστάσεις FAE και GAE από τη μέση θέση του Ήλιου που έχουν οι πλανήτες αυτοί το πρωί και το βράδυ δεν είναι παντού ίσες, ούτε μεταξύ τους, ούτε έχουν το ίδιο άθροισμα, για τον προφανή λόγο ότι οι τροχιές των πλανητών δεν είναι κύκλοι ομόκεντροι με την τροχιά της Γης, όπως θα δούμε στην επόμενη παράγραφο.



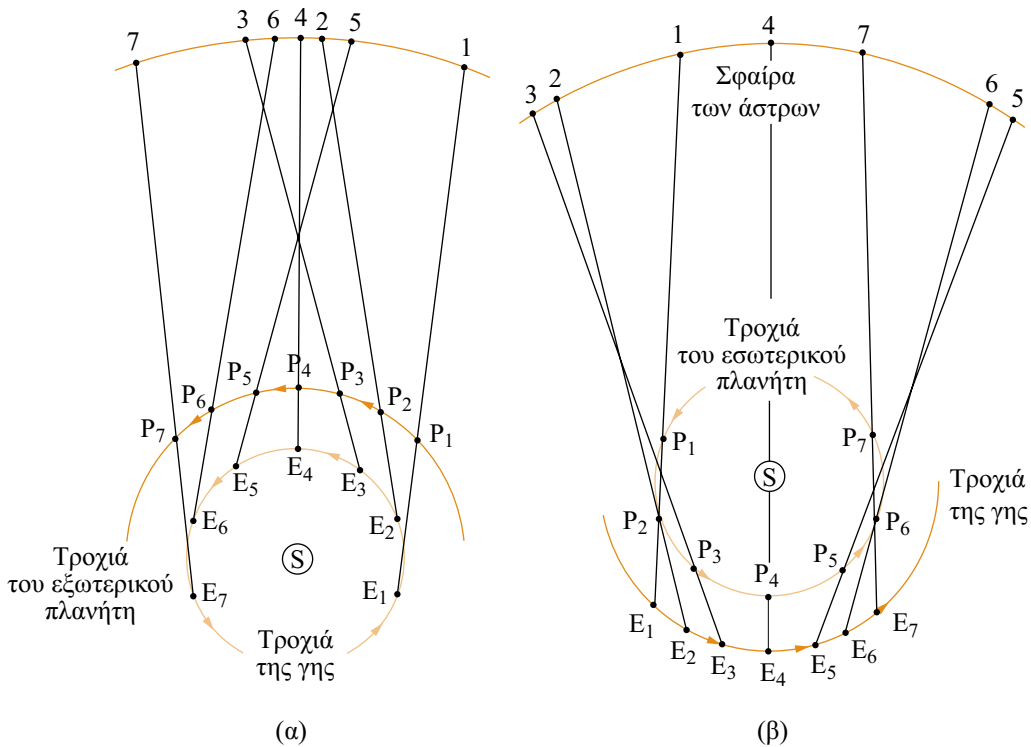
**Σχήμα 4.3**

*Η κίνηση των εξωτερικών πλανητών σε σχέση με την κίνηση της Γης*

Τα ίδια ακριβώς ισχύουν και στην περίπτωση των τριών εξωτερικών πλανητών, του Κρόνου, του Δία και του Άρη, οι τροχιές των οποίων εμπεριέχουν την τροχιά της Γης. Έστω λοιπόν η τροχιά της Γης, όπως την περιγράψαμε προηγουμένως στο Σχήμα 2.1., και έστω ο κύκλος DE ένας εξωτερικός ομόκεντρος και ομοεπίπεδος κύκλος, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.4. Θεωρούμε ότι ο πλανήτης βρίσκεται στο σημείο D και από αυτό χαράσσουμε την κοινή διάμετρο DACBE και τις εφαπτόμενες DF και DG στην τροχιά της Γης. Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε, η αληθής θέση του πλανήτη είναι δυνατό να παρατηρηθεί μόνο από το σημείο A, διότι στην

περίπτωση αυτή ο πλανήτης βρίσκεται πάνω στη γραμμή DE της μέσης κίνησης του Ήλιου και ειδικότερα βρίσκεται σε αντίθεση με τον Ήλιο και κοντύτερα στη Γη. Εάν η Γη τοποθετηθεί στο απέναντι σημείο B, τότε, αν και βρίσκεται πάλι στην ίδια ευθεία με τον Ήλιο και τον πλανήτη, η πραγματική θέση του τελευταίου δε θα είναι εμφανής, λόγω της εγγύτητάς του με τον Ήλιο.

Όσον αφορά τώρα την περιστροφή της Γης, αυτή πραγματοποιείται με μεγαλύτερη ταχύτητα από αυτήν του πλανήτη, έτσι ώστε να φαίνεται ότι κατά το τόξο FBG προσθέτει τη γωνία GDF στην κίνηση του πλανήτη, ενώ κατά το τόξο GAF την αφαιρεί. Όπου όμως η αφαιρετική κίνηση της Γης υπερβαίνει την προσθετική κίνηση του πλανήτη, και ειδικά γύρω από το A, ο πλανήτης θα φαίνεται να μένει πίσω από τη Γη, να κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση και να σταματά στο σημείο όπου επέρχεται ισορροπία ανάμεσα στις δύο αντίθετες φαινομενικά κινήσεις, όπως φαίνεται στο ακόλουθο Σχήμα 4.4.



**Σχήμα 4.4**

Η ανάδρομη κίνηση των (α) εξωτερικών και (β) εσωτερικών πλανητών, όπως αυτή εφηγγείται από τον Κοπέρνικο. Και στα δύο διαγράμματα η Γη και ο πλανήτης κινούνται με σταθερή ταχύτητα από το  $E_1$  στο  $E_7$  και από το  $P_1$  στο  $P_7$ , αντίστοιχα, πάνω στην τροχιά τους. Λόγω της διαφορετικής ταχύτητας περιστροφής, ο πλανήτης φαίνεται να παλινδρομεί ανάμεσα στις θέσεις 3 και 5, ως προς τη σφαίρα των απλανών αστέρων.

Καθίσταται σαφές επομένως ότι όλες αυτές οι φαινόμενες κινήσεις, τις οποίες οι αρχαίοι απέδιδαν σε ιδιαίτερες κινήσεις των επικύκλων του κάθε πλανήτη, οφείλονται στην κίνηση της Γης. Όμως, όπως ήδη αναφέραμε, ακόμα και αν λάβουμε υπόψη μας την περιστροφή της Γης, οι κινήσεις των πλανητών εξακολουθούν να εμφανίζονται ανώμαλες. Την αιτία του φαινομένου αυτού εξετάζουμε ευθύς αμέσως.

#### 4.3.2.2 Γιατί οι προσιδιάζουσες κινήσεις των πλανητών εμφανίζονται ανώμαλες

Η προσιδιάζουσα κίνηση των πλανητών συνίσταται, σύμφωνα με τον Κοπέρνικο, από δύο ομαλές κυκλικές κινήσεις, ο συνδυασμός των οποίων μπορεί να παρασταθεί με τις ακόλουθες τρεις ισοδύναμες γεωμετρικές μεθόδους:

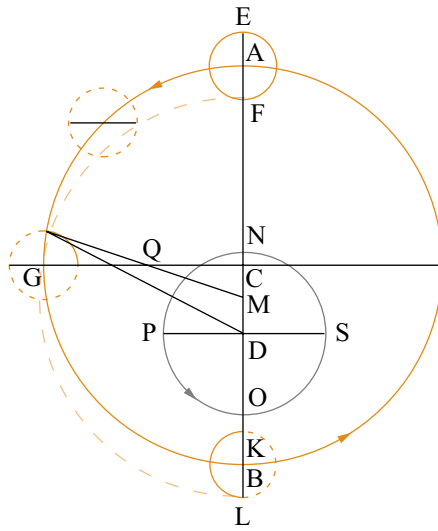
1. κύκλος έκκεντρος σε έκκεντρο κύκλο
2. επίκυκλος πάνω σε επίκυκλο
3. έκκεντρος κύκλος φέρων επίκυκλο.

Από αυτές ο Κοπέρνικος χρησιμοποιεί στη συνέχεια την τρίτη για να αναλύσει την ανωμαλία της κίνησης των πλανητών. Το μοντέλο που αναπτύσσει περιγράφει ικανοποιητικά την κίνηση όλων των πλανητών, εκτός του Ερμή, για την κίνηση του οποίου ακολουθείται διαφορετική προσέγγιση.

Έστω τώρα ο έκκεντρος κύκλος AB, που φαίνεται στο Σχήμα 4.5., με κέντρο C και ACB η διάμετρος του, που περνά από την υψηλότερη και τη χαμηλότερη αψίδα του και περιέχει τη μέση θέση του Ήλιου. Έστω D πάνω στην ACB το κέντρο της τροχιάς της Γης. Με κέντρο την υψηλότερη αψίδα A και με ακτίνα το 1/3 του CD χαράσσουμε τον επίκυκλο EF. Έστω F το περίγειό του και ας θεωρήσουμε ότι ο πλανήτης βρίσκεται στο σημείο αυτό.<sup>[34]</sup>

Έστω ότι η κίνηση του επικύκλου πάνω στον έκκεντρο AB γίνεται αριστερόστροφα και το ίδιο ισχύει και για την κίνηση του πλανήτη, όπως φαίνεται στο σχήμα, και έστω ότι οι περιστροφές του επικύκλου και του πλανήτη είναι αναλογικά ίσες μεταξύ τους, δηλαδή ο επίκυκλος και ο πλανήτης συμπληρώνουν μία περιστροφή έκαστος στον ίδιο χρόνο. Έτσι, όταν ο επίκυκλος βρίσκεται στην υψηλότερη αψίδα A του έκκεντρου κύκλου, ο πλανήτης βρίσκεται στο περίγειο F του επικύκλου, όταν ο επίκυκλος βρίσκεται στη χαμηλότερη αψίδα B, ο πλανήτης βρίσκεται στο απόγειο

[34] Ο έκκεντρος κύκλος AB ονομάζεται και τροχιακός κύκλος του πλανήτη, διότι είναι αυτός που αποδίδει χονδρικά την τροχιά του πλανήτη, σε αντίθεση με τον επίκυκλο, ο οποίος εξηγεί τις επιμέρους «ανωμαλίες» της κίνησης.

**Σχήμα 4.5**

Γενικό μοντέλο της περιστροφής των πλανητών γύρω από τον Ήλιο

L, έχοντας διαγράψει και οι δύο από ένα ημικύκλιο, ενώ, όταν ο επίκυκλος διαγράψει ένα τεταρτοκύκλιο και βρεθεί στο σημείο G, ο πλανήτης θα βρεθεί αντίστοιχα στο I. Η κατανόηση της αυτόνομης κίνησης του πλανήτη πάνω στον επίκυκλο γίνεται ευκολότερη, εάν θεωρήσουμε ότι αφετηρία της κίνησης αυτής είναι εκείνη η διάμετρος του επικύκλου, η προέκταση της οποίας περνά συνεχώς από το κέντρο του έκκεντρου κύκλου κατά την κίνηση του επικύκλου. Ουσιαστικά δηλαδή, για τις δεδομένες θέσεις του επικύκλου που φαίνονται στο σχήμα, αφετηρία της κίνησης είναι τα σημεία F, H και L. Έτσι, όταν ο επίκυκλος έχει διαγράψει το τεταρτοκύκλιο AG, ο πλανήτης έχει διαγράψει το HI. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι στην περίπτωση αυτή ο Κοπέρνικος θεωρεί στο κείμενό του ότι η διάμετρος του επικύκλου ακολουθεί την κίνηση του πλανήτη, γεγονός το οποίο δυσκολεύει, κατά την άποψή μας, την κατανόηση της κίνησης.

Λόγω της σύνθετης αυτής κίνησης, ο πλανήτης δε διαγράφει έναν τέλειο κύκλο αλλά την κλειστή καμπύλη FIL, η οποία ωστόσο δε διαφέρει σημαντικά από έναν κύκλο, όπως και αποδεικνύεται ευθύς αμέσως.

Έστω ο (ίδιος με τον προηγούμενο) επίκυκλος KL με κέντρο το B. Θεωρούμε επίσης το τεταρτοκύκλιο AG και χαράσσουμε τον επίκυκλο HI με κέντρο το σημείο G. Χωρίζουμε το τμήμα CD σε τρία ίσα μέρη, έτσι ώστε

$$CM = 1/3 CD = GI$$

Χαράσσουμε τα ευθύγραμμα τμήματα GC και IM και ονομάζουμε Q το σημείο τομής τους.

Από υπόθεση είναι

$$\text{τόξο } AG = \text{τόξο } HI$$

και

$$\text{γωνία } ACG = 90^\circ$$

άρα

$$\text{γωνία } HGI = 90^\circ.$$

Επίσης είναι

$$\text{γωνία } IQG = \text{γωνία } MQC$$

ως γωνίες κατακορυφήν. Επομένως, τα τρίγωνα GIQ και QCM είναι ισογώνια και δεδομένου ότι

$$GI = CM$$

τα δύο τρίγωνα είναι ίσα. Έτσι ισχύει ότι

$$QI > QG \text{ και } QM > QC$$

και επομένως

$$IQM > GQC.$$

Όμως είναι

$$FM = ML = AC = CG$$

Επομένως, ο κύκλος που περιγράφεται γύρω από το σημείο M και περνά από τα σημεία F και L και είναι ίσος με τον κύκλο AB τέμνει το τμήμα IM. Με αντίστοιχο τρόπο μπορούμε να δείξουμε ότι το ίδιο συμβαίνει και στο απέναντι τεταρτοκύκλιο. Επομένως, προκύπτει ότι, κατά τη σύνθετη κίνησή του, ο πλανήτης δε θα διαγράψει τέλειο κύκλο αλλά έναν οιονεί κύκλο.<sup>[35]</sup>

Έστω τώρα με κέντρο D ο κύκλος NO της ετήσιας τροχιάς της Γης. Χαράσσουμε το ευθύγραμμο τμήμα IDR και έστω η διάμετρος PDS παράλληλη στην ακτίνα CG. Ως αποτέλεσμα, το τμήμα IDR θα είναι η ευθεία γραμμή της πραγματικής κίνησης του πλανήτη και το GC θα είναι η ευθεία γραμμή της μέσης και κανονικής κίνησής του, ενώ το σημείο R θα είναι το πραγματικό απόγειο της Γης ως προς τον πλανήτη και το S θα είναι το μέσο απόγειο. Επίσης η γωνία RDS (ή ανάλογα η IDP) θα είναι η διαφορά μεταξύ της κανονικής και της φαινόμενης κίνησης και των δύο, δηλαδή των

[35] Εάν στο Σχήμα 4.5 θεωρήσουμε ένα σημείο X πάνω στην ακτίνα CA τέτοιο ώστε να είναι  $CX = GI$  (και συνεπώς  $DM = MX$ ), τότε, αφού ο πλανήτης φτάνοντας στο σημείο I έχει διαγράψει το  $1/4$  μίας πλήρους περιστροφής γύρω από το X σε χρόνο ίσο με το  $1/4$  της περιόδου του, προκύπτει ότι το σημείο X αντιστοιχεί με τον εξισωτή, το M με το κέντρο του φέροντος κύκλου και το σημείο D με το κέντρο της Γης, στο σύστημα του Πτολεμαίου.



γωνιών ACG και CDI αντίστοιχα.<sup>[36]</sup>

Θεωρούμε τώρα στη θέση του έκκεντρου κύκλου AB έναν ίσο ομόκεντρο κύκλο γύρω από το κέντρο D ως το φέροντα κύκλο του επικύκλου, η ακτίνα του οποίου είναι ίση με DC και ο οποίος είναι ο φέρων του άλλου επικύκλου, του οποίου η διάμετρος είναι ίση με MD. Έστω ότι ο πρώτος επίκυκλος μετακινείται αριστερόστροφα, ενώ ο δεύτερος προς την αντίθετη κατεύθυνση. Εάν εφαρμόζαμε αυτό το μοντέλο, θα παρατηρούσαμε ότι ο πλανήτης που βρίσκεται πάνω στο δεύτερο επίκυκλο θα διέγραφε τροχιά όμοια με την κλειστή καμπύλη FIL που είδαμε παραπάνω, γεγονός που αποδεικνύει την ισοδυναμία των γεωμετρικών μεθόδων που προαναφέρθηκαν.

Τα βασικά στοιχεία του μοντέλου της κίνησης των πλανητών που περιγράψαμε πιο πάνω είναι η απόσταση μεταξύ των δύο κέντρων CD και η θέση της υψηλότερης ασπίδας του έκκεντρου κύκλου. Εάν αυτά είναι γνωστά, τότε μπορούμε να υπολογίσουμε όλα τα υπόλοιπα στοιχεία της κίνησης αλλά και της θέσης των πλανητών. Έτσι, ο Κοπέρνικος προσπαθεί στα αντίστοιχα κεφάλαια του πέμπτου βιβλίου του *De Revolutionibus* να υπολογίσει τα δύο αυτά μεγέθη για τους τρεις εξωτερικούς και τους δύο εσωτερικούς πλανήτες, χρησιμοποιώντας διάφορες αστρονομικές παρατηρήσεις. Ο Κοπέρνικος χρησιμοποιεί μεν παρατηρήσεις που πραγματοποίησε ο ίδιος, αλλά κατά κύριο λόγο κάνει χρήση αυτών του Πτολεμαίου και άλλων αρχαίων αστρονόμων, με προφανή σκοπό να αποφύγει κατηγορίες ότι η επαλήθευση του συστήματός του είναι πλασματική και οφείλεται αποκλειστικά σε δικές του λανθασμένες παρατηρήσεις. Είναι χαρακτηριστικό άλλωστε το γεγονός ότι, κάθε φορά που χρησιμοποιεί δική του παρατήρηση, κάνει ιδιαίτερη αναφορά στην προσοχή με την οποία αυτή πραγματοποιήθηκε. Έτσι όμως οδηγείται στην αναγκαστική αποδοχή, μεταξύ των άλλων, παρατηρήσεων όχι ιδιαίτερης ακρίβειας, που πραγματοποιήθηκαν από τους αρχαίους.

#### 4.3.2.3 Οι εξωτερικοί πλανήτες

Η ομάδα των εξωτερικών πλανητών, των πλανητών δηλαδή η τροχιά των οποίων περικλείει την τροχιά της Γης, αποτελείται από τον Κρόνο, το Δία και τον Άρη. Σήμερα γνωρίζουμε ότι μέλη της ομάδας αυτής είναι και οι πλανήτες Ουρανός, Ποσειδώνας και Πλούτωνας, η ανακάλυψη των οποίων όμως κατέστη δυνατή αρκετά χρόνια μετά το θάνατο του Κοπέρνικου, διότι το μέγεθός τους και η απόστασή τους από τη Γη είναι τέτοια, ώστε η παρατήρησή τους απαιτούσε να προηγηθεί η εφεύρεση και

[36] Οι όροι πραγματικός, μέσος και φαινόμενος, όσον αφορά την κίνηση, τη θέση ή κάποιο άλλο χαρακτηριστικό ενός πλανήτη, περιγράφουν το χαρακτηριστικό αυτό σε σχέση με τη σφαίρα των απλών αστέρων, τη μέση θέση του Ήλιου και τη θέση της Γης αντίστοιχα. Έτσι, η φαινόμενη, για παράδειγμα, κίνηση ενός πλανήτη είναι η κίνηση του πλανήτη, όπως αυτή φαίνεται από τη Γη.

τελειοποίηση του τηλεσκοπίου. Έτσι η ύπαρξη των τριών αυτών πλανητών δεν ήταν γνωστή στον Πολωνό αστρονόμο και, πολύ περισσότερο, στους αρχαίους.

Ο Κοπέρνικος ξεκινά τη μελέτη των εξωτερικών πλανητών με τον Κρόνο, τον πλησιέστερο στη σφαίρα των απλανών αστερών από τους τότε γνωστούς πλανήτες, και ακολουθεί κατά σειρά ο Δίας και ο Άρης. Οι παρατηρήσεις που χρησιμοποιεί για τους υπολογισμούς του αναφέρονται σε ηλιακές αντιθέσεις, σε περιπτώσεις δηλαδή όπου η Γη βρίσκεται ανάμεσα στον Ήλιο και τον πλανήτη και πάνω στην ευθεία που αυτοί ορίζουν, διότι, όπως είδαμε, μόνο στην περίπτωση αυτή είναι ορατή από τη Γη η αληθής θέση του πλανήτη.

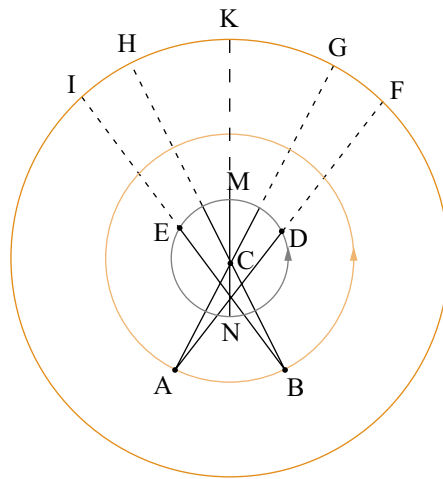
#### 4.3.2.4 Οι εσωτερικοί πλανήτες

Ο Ερμής και η Αφροδίτη είναι οι δύο εσωτερικοί πλανήτες με τους οποίους ασχολείται ο Κοπέρνικος μετά τη μελέτη της ομάδας των εξωτερικών πλανητών. Κύριο χαρακτηριστικό των πλανητών αυτών είναι, όπως είδαμε κατά την ανάλυση των γενικών αρχών που διέπουν το κοπερνίκειο πλανητικό σύστημα, το γεγονός ότι η κίνησή τους είναι περιορισμένη σε σχέση με τον Ήλιο, η γωνιακή τους απόσταση δηλαδή από τη θέση του εμφανίζεται πάντα μικρότερη από τις  $45^\circ$ , με αποτέλεσμα να εμφανίζονται στον ουρανό πάντα λίγο πριν από την ανατολή ή λίγο μετά τη δύση του Ήλιου. Το φαινόμενο αυτό είναι προφανής συνέπεια του γεγονότος ότι η τροχιά τους περικλείεται από την τροχιά της Γης. Βλέπε και Σχήμα 4.2, σε αντιδιαστολή με το Σχήμα 4.3, που αφορά στην κίνηση των εξωτερικών πλανητών. Η γωνία CAF (η γωνιακή απόσταση του πλανήτη) στο πρώτο σχήμα είναι σαφώς αρκετά μικρότερη από τις  $90^\circ$ , ενώ η γωνία CAD στο δεύτερο σχήμα φτάνει μέχρι και την τιμή των  $180^\circ$ . Έτσι, όπως μπορεί κανείς να αντιληφθεί, δεν είναι δυνατό να έχουμε εσωτερικό πλανήτη σε αντίθεση με τον Ήλιο, κάτι που είναι δυνατό για έναν εξωτερικό πλανήτη.

Λόγω ακριβώς αυτού του φαινομένου όμως καθίσταται εύκολη η εύρεση των αφίδων της κίνησης. Διότι, εάν έχουμε δύο παρατηρήσεις, μία πρωινή και μία βραδινή, της μέγιστης γωνιακής απόστασης του πλανήτη εκατέρωθεν της μέσης θέσης του Ήλιου και οι δύο αυτές παρατηρήσεις είναι ίσες, τότε οι αφίδες της κίνησης δεν μπορούν παρά να βρίσκονται στα μεσοσημεία μεταξύ των δύο θέσεων του Ήλιου κατά τις παρατηρήσεις. Το γεγονός αυτό καθίσταται σαφέστερο με τη βοήθεια του Σχήματος 4.6. Έστω λοιπόν AB και ED οι τροχιακοί κύκλοι της Γης και του πλανήτη αντίστοιχα και FI η σφαίρα των απλανών αστερών, με κοινό κέντρο τη θέση του Ήλιου C. Έστω επίσης ότι, όταν η Γη βρίσκεται στα σημεία A και B, ο πλανήτης βρίσκεται στα D και E αντίστοιχα, έτσι ώστε να ισχύει

$$\text{γωνία CAD} = \text{γωνία CBE}.$$

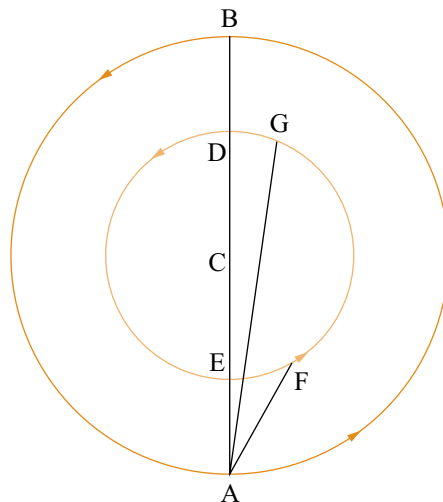
Τα σημεία M και N αντιστοιχούν στο απόγειο και το περίγειο της κίνησης, ενώ τα σημεία F, G, K, H και I είναι οι προβολές των ασφίδων και των θέσεων του πλανήτη και του Ήλιου στη σφαίρα των απλανών αστέρων, όπως αυτές φαίνονται από τη Γη. Λαμβάνοντας υπόψη τις κινήσεις της Γης και του πλανήτη, προκύπτει από το σχήμα ότι τα σημεία M και N είναι τα μέσα των τόξων EMD και END. Συνεπώς το σημείο K είναι το μέσο του τόξου HKG, το οποίο είναι ίσο με τη διαφορά μεταξύ των θέσεων του Ήλιου κατά τις παρατηρήσεις.



**Σχήμα 4.6**

*Εύρεση των ασφίδων της κίνησης των εσωτερικών πλανητών*

Το είδος των ασφίδων μπορεί να καθοριστεί από το γεγονός ότι οι ίσες εκατέρωθεν γωνιακές αποστάσεις, που λαμβάνουν χώρα γύρω από το περίγειο, είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες στην περιοχή του απόγειου, όπως φαίνεται και στο διπλανό Σχήμα 4.7, το οποίο είναι αντίστοιχο του Σχήματος 4.2. Είναι προφανές ότι η γωνία CAF είναι μεγαλύτερη της γωνίας CAG.



**Σχήμα 4.7**

*Η απόκλιση ενός εσωτερικού πλανήτη από τη θέση του Ήλιου είναι μεγαλύτερη κοντά στο περίγειο και μικρότερη κοντά στο απόγειο της κίνησης.*

Ο Κοπέρνικος ξεκινά τη μελέτη των εσωτερικών πλανητών με την Αφροδίτη, η κίνηση της οποίας ακολουθεί το γενικό σχήμα της κίνησης των πλανητών που περιγράψαμε στο κεφάλαιο των Γενικών Αρχών, και συνεχίζει με τον Ερμή, ο οποίος παρουσιάζει κάποιες ιδιαιτερότητες, καθώς ο Κοπέρνικος τον βάζει να κινείται πάνω στη διάμετρο του επικύκλου του.

### Ορισμένα ιστορικά ερωτήματα

Το έργο του Κοπέρνικου θεωρείται ένα έργο με το οποίο ολοκληρώνεται ο προβληματισμός που εγκαινιάζεται με τη *Μεγίστη...* του Πτολεμαίου **και ταυτοχρόνως** είναι ένα έργο που αλλάζει αυτό τον προβληματισμό δίνοντας τη δυνατότητα να δοκιμαστούν νέες προσεγγίσεις. Λόγω ακριβώς αυτού του «δισυπόστατου» χαρακτήρα του έργου του, ας δούμε μερικά από τα ιστορικά ερωτήματα που σχετίζονται με το έργο αυτό.

*Γιατί καθυστέρησε να δημοσιεύσει το De Revolutionibus... για περίπου 20 χρόνια από τότε που ουσιαστικά ήταν έτοιμο;*

Το χειρόγραφο κείμενο που κυκλοφορεί ανάμεσα σε φίλους του Κοπέρνικου γράφεται το 1510. Το Commentariolus είναι το πρώτο κείμενο στο οποίο περιέχονται οι απόψεις του Κοπέρνικου. Υπάρχουν όμως σοβαρά προβλήματα στην αποδοχή του ηλιοκεντρικού συστήματος. Εκτός από τη σύγκρουση που προκαλεί μία τέτοια πρόταση με αυτά που υποστηρίζονται στις γραφές, υπάρχουν και τα εξαιρετικά σοβαρά προβλήματα με τη φυσική. Γιατί, αν η Γη περιστρέφεται, ένα σώμα που αφήνουμε να πέσει από κάποιο ύψος πέφτει κατακόρυφα και δεν πέφτει λίγο δυτικότερα; Γιατί δε φυσάει συνέχεια; Γιατί δε διαλύεται η Γη; Γιατί δεν εκσφενδονίζονται όλα όσα είναι πάνω της; Γιατί, τέλος πάντων, δεν αισθανόμαστε τίποτα από αυτή την ιλιγγιώδη κίνηση; Αν συμπεριλάβουμε εδώ και τις αντιρρήσεις λόγω των εδαφίων στη Βίβλο και ότι το ηλιοκεντρικό σύμπαν είναι ένα άπειρο σύμπαν, επειδή με την ακρίβεια των οργάνων εκείνης της εποχής ήταν αδύνατο να μετρηθεί η αστρική παράλλαξη, τότε καταλαβαίνουμε το μέγεθος των δυσκολιών που είχε να αντιμετωπίσει μία τέτοια θεωρία.

*Υπήρχαν άτομα που τον ενθάρρυναν να προχωρήσει στη δημοσίευση του έργου του;*

Το 1533 ο Αυστριακός Johann Albrecht von Widmanstadt περιγράφει τις βασικές αρχές της νέας θεωρίας στον πάπα Κλήμη Ζ'. Οι απόψεις του Κοπέρνικου δεν απορρίπτονται από τον Πάπα. Την 1η Νοεμβρίου 1536 ο καρδινάλιος Nikolaus Schönberg επικοινωνεί με τον Κοπέρνικο και τον παροτρύνει να δημοσιεύσει τη θεωρία του. Ο Κοπέρνικος δημοσιεύει την επιστολή αυτή (αναμφισβήτητα με τη συγκατάθεση του Schönberg) στην αρχή του *De Revolutionibus...* και αναφέρει

στην επιστολή αφιέρωσης στον Πάπα ότι, ενώ

*παρέμεινα διστακτικός και αντιστάθηκα στην ιδέα για πολύ καιρό, οι φίλοι μου με μετέπεισαν. Πρώτος ανάμεσά τους ο καρδινάλιος της Κάπουα, Νικόλαος Σένμπεργκ, γνωστός για τις επιδόσεις του σε όλα τα πεδία της γνώσης. Και κοντά σ' αυτόν, ένας άνδρας που τρέφει ιδιαίτερα στοργικά αισθήματα για μένα, ο Τίντεμαν Γκίτσε, επίσκοπος του Τσέλμνο, εμβριθής μελετητής των ιερών κειμένων καθώς και του συνόλου της εγκρίτου γραμματείας. Διότι αυτός ενθαρρύνοντάς με κατ' επανάληψη, και μερικές φορές κατηγορώντας με, μου ζητούσε επιτακτικά να εκδώσω τούτο το έργο και να επιτρέψω επιτέλους να έρθει στο φως, αφού παρέμενε θαμμένο ανάμεσα στα χαρτιά μου, περιμένοντας να περάσουν όχι εννιά χρόνια αλλά τέσσερις φορές το διάστημα αυτό. Με τον ίδιο τρόπο μου συνέστησαν να χειριστώ το ζήτημα και πολλοί άλλοι επιφανείς λόγιοι. Με προέτρεψαν να πάψω να αρνούμαι —λόγω του φόβου μου— να θέσω το έργο μου στη διάθεση των μελετητών της αστρονομίας.*

Ο Georg Joachim von Lauchen (1514–1576), γνωστός ως Rheticus, γνωρίζει τις απόψεις του Κοπέρνικου και τον επισκέπτεται το 1539. Την επόμενη χρονιά και με την έγκριση του Κοπέρνικου, δημοσιεύει το *Narratio Prima*, που περιέχει ουσιαστικά τη θεωρία του Κοπέρνικου. Έχει σημασία να τονιστεί πως ο Rheticus, όπως επίσης και ο Oslander, ήταν λουθηρανοί! Αλλά και τα παρακάτω άτομα ενίσχυσαν τον Κοπέρνικο στη δημοσίευση του έργου του. Ο John Dantiscus (1485–1548), επίσκοπος του Ermland, όπου και υπαγόταν ο Κοπέρνικος, ήταν ουμανιστής και θεωρούσε το λουθηρανισμό αίρεση. Ο Tiedemann Giese (1480–1550) διαδέχτηκε τον Dansticus ως επίσκοπος στο Ermland. Ήταν φιλελεύθερος και δεν ήθελε συγκρούσεις με τον προτεσταντισμό.

*Υπήρχε κάποιο κοινό χαρακτηριστικό ανάμεσα σε αυτά τα άτομα;*

Τα περισσότερα άτομα που έπαιξαν κάποιο ρόλο σε αυτή την υπόθεση ήταν επηρεασμένα από τον Έρασμο και κυρίως από τα χαρακτηριστικά του ουμανισμού και της προσπάθειας μεταρρύθμισης στα πλαίσια της Εκκλησίας.

*Πόσα αντίγραφα του *De Revolutionibus* πουλήθηκαν και τι ενδείξεις έχουμε ότι διαβάστηκαν;*

Έχουν εντοπιστεί τα 260 από τα περίπου 400–500 αντίγραφα, για τα οποία υπάρχει εκτίμηση ότι είχαν εκδοθεί. Σε πολλά από αυτά υπάρχουν σημειώσεις στο περιθώριο.

*Υπάρχουν επανεκδόσεις;*

Η δεύτερη έκδοση γίνεται το 1566 στη Βασιλεία και η τρίτη το 1617 στο Άμστερ-

νταμ. Και οι δύο γίνονται σε μη καθολικές περιοχές, η δε τρίτη μετά την απόφαση της Ιεράς Εξέτασης το 1616 να απαγορεύσει την κυκλοφορία του βιβλίου μέχρις ότου αλλάξουν οι διατυπώσεις σε ορισμένες παραγράφους.

*Υπήρχαν άτομα που δίδασκαν το *De Revolutionibus* και το χρησιμοποιούσαν για υπολογισμούς;*

Ο Erasmus Rheinhold (1511–1553) ήταν καθηγητής Αστρονομίας στο Πανεπιστήμιο του Wittenberg. Το 1551 δημοσίευσε τους *Πρωσικούς πίνακες της ουράνιας κίνησης*. Αυτές είναι εφημερίδες με τον υπολογισμό της θέσης των πλανητών του Ήλιου και της Σελήνης για μελλοντικές ημερομηνίες. Εκεί χρησιμοποίησε εκτεταμένα το έργο του Κοπέρνικου. Οι πίνακες ήταν ιδιαίτερα επιτυχημένοι για περίπου 80 χρόνια και χρησιμοποιήθηκαν συστηματικά από αστρονόμους. Το δικό του αντίγραφο του *De Revolutionibus* έχει σημειώσεις στα τεχνικά χωρία. Έχει ενδιαφέρον πως ένας από τους πιο σημαντικούς Γερμανούς αστρονόμους, ο Michael Maestlin (1550–1631), καθηγητής στο Tubingen και δάσκαλος του Kepler, στην πρώτη έκδοση του έργου του *Επιτομή* το 1588 είχε χρησιμοποιήσει το πτολεμαϊκό σύστημα, στη δεύτερη έκδοση συμπεριέλαβε ένα παράρτημα με τη θεωρία του Κοπέρνικου. Στη συνέχεια άρχισε να διαδίδει δημόσια το κοπερνίκειο σύστημα.

#### 4.4 Johannes Kepler

Ο Johannes Kepler γεννήθηκε πρόωρα στις 27 Δεκεμβρίου 1571 στο Weil der Stadt του δουκάτου της Βυρτεμβέργης (Württemberg). Είχε ευγενική καταγωγή και ο παππούς του ήταν δήμαρχος του Weil. Αργότερα η οικογένεια του αντιμετώπισε πολύ σοβαρά οικονομικά προβλήματα. Το γεγονός αυτό καθώς και η ήδη από την ημέρα της γέννησής του επισφαλής υγεία του θα σημαδέψουν ολόκληρη τη ζωή του Kepler. Το 1576 η οικογένειά του μετακομίζει στο Leonberg, στο δημοτικό σχολείο του οποίου μαθαίνει ο μικρός Γιοχάννες τα πρώτα του γράμματα παράλληλα με την εργασία στα χωράφια. Παρά την άσχημη οικονομική κατάσταση της οικογένειάς του, ο Kepler κατορθώνει να συνεχίσει τις σπουδές του χάρη σε διάφορες υποτροφίες. Έτσι, το 1584 πηγαίνει στο εκκλησιαστικό σχολείο του Adelberg και ακολούθως του Maulbronn, από το οποίο λαμβάνει στις 25 Σεπτεμβρίου 1588 το απολυτήριό του.

Οι ιδιαίτερα υψηλοί βαθμοί του τού επιτρέπουν να σπουδάσει από τον επόμενο χρόνο θεολογία στο Πανεπιστήμιο του Tübingen, με απώτερο σκοπό να γίνει κληρικός του λουθηρανικού δόγματος. Ένας από τους δασκάλους του όμως είναι ο Michael Maestlin, θερμός υποστηρικτής του Κοπέρνικου. Ο Kepler στρέφεται προς την αστρονομία και μυείται σε νεαρή ηλικία στο ηλιοκεντρικό σύστημα, γεγονός που

σημαδεύει την υπόλοιπη σταδιοδρομία του. Επιθυμεί ακόμα να γίνει κληρικός, ωστόσο τον Απρίλιο του 1594 διακόπτει τις σπουδές του (μάλλον με όχι ιδιαίτερη προθυμία) και αποδέχεται την άσημη θέση του καθηγητή των Μαθηματικών στο Γυμνάσιο του Graz της Στυρίας.

Στο Graz παράλληλα με τα διδακτικά του καθήκοντα ασχολείται με την έκδοση *Ημερολογίων* που περιέχουν αστρονομικές και αστρολογικές προβλέψεις, η επιτυχία των οποίων τον κάνει γνωστό και συμβάλλει στον πενιχρό μισθό του. Η σημαντικότερη ασχολία του όμως είναι η επεξεργασία της ιδέας του να μεταφέρει τη θεωρία των μαθηματικών αρμονιών, που πηγάζει από τη φιλοσοφία του Πλάτωνα και τα μαθηματικά των Πυθαγορείων, στη μελέτη της ουράνιας σφαίρας συνδέοντας τις τροχιές των πλανητών με συγκεκριμένα γεωμετρικά σχήματα. Η θεωρία του αυτή αποτυπώνεται στο πρώτο του μεγάλο αστρονομικό έργο, που κυκλοφορεί το 1596 με τον τίτλο *Mysterium Cosmographicum* (*Κοσμογραφικό Μυστήριο*). Η επιτυχία του βιβλίου του είναι μεγάλη και ο Kepler γίνεται διάσημος στους αστρονομικούς κύκλους, ενώ την ίδια εποχή ξεκινά η αλληλογραφία του με το Γαλιλαίο και τον Tycho Brahe, ο οποίος κατείχε τη θέση του αυτοκρατορικού αστρονόμου στην Πράγα. Ο Brahe δεν αποδεχόταν το κοπερνίκειο σύστημα που αποτελούσε τη βάση της θεωρίας του Kepler, εντυπωσιάστηκε ωστόσο τόσο πολύ από τις αστρονομικές γνώσεις του τελευταίου και τις μαθηματικές του ικανότητες, ώστε, όταν το 1598 ο καθολικός αρχιδούκας της Στυρίας εκδίδει διάταγμα εναντίον των προτεσταντών και ο Kepler αναγκάζεται να αναχωρήσει από το Graz, του προτείνει να έρθει να δουλέψει ως βοηθός του στο αστεροσκοπείο του Μπένατεκ κοντά στην Πράγα. Έτσι, η αυγή του 17ου αιώνα βρίσκει τον Kepler στην Πράγα.

Ο Brahe του αναθέτει να υπολογίσει από την αρχή την τροχιά του Άρη, μία εργασία που αποδεικνύεται αρκετά πολύπλοκη. Η συνεργασία τους δεν ήταν ιδιαίτερα εύκολη, λόγω του δύστροπου χαρακτήρα του Δανού αστρονόμου, ωστόσο το 1601 ο Brahe πεθαίνει και στη θέση του διορίζεται από τον αυτοκράτορα Ροδόλφο Β' ο Kepler, ο οποίος κληρονομεί έτσι τις πολύτιμες παρατηρήσεις που είχε πραγματοποιήσει με ιδιαίτερη ακρίβεια και σε ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα ο προκάτοχός του. Βασιζόμενος στην επεξεργασία των παρατηρήσεων αυτών προχωρεί σε μία σειρά δημοσιεύσεων.

Η πρώτη δημοσίευση του Kepler στην Πράγα είχε ως στόχο να ικανοποιήσει τις αστρολογικές ανησυχίες του αυτοκράτορα. Πρόκειται για το *De Fundamentis Astrologiae Certioribus* (*Οι πιο αξιόπιστες βάσεις της Αστρολογίας*), που δημοσιεύεται το 1602, όπου απορρίπτει τη μοιρολατρική άποψη ότι τα άστρα καθορίζουν τις τύχες των ανθρώπων, παρά το γεγονός ότι πιστεύει ακράδαντα στην αρμονία του

σύμπαντος και κατά συνέπεια στην αρμονική σχέση ανάμεσα στο σύμπαν και τον άνθρωπο. Είναι χαρακτηριστικό πάντως το γεγονός ότι ο ίδιος ο Kepler δήλωνε ότι «χρησιμοποιούσε την αστρολογία για να τρέφει την αστρονομία».

Το 1604 δημοσιεύει το έργο του *Astronomiae Pars Optica*<sup>[37]</sup>, το οποίο συμπληρώνει το 1611 με το *Dioptrice* (*Διοπτρικά*). Στα έργα αυτά περιλαμβάνονται τα συμπεράσματα των μελετών του Kepler σχετικά με θέματα της οπτικής. Αναλύει το φαινόμενο της διάθλασης των φωτεινών ακτίνων που προέρχονται από τα ουράνια σώματα, καθώς αυτές περνάνε μέσα από την ατμόσφαιρα της Γης, και περιγράφει για πρώτη φορά με ικανοποιητικό τρόπο τη λειτουργία του ανθρώπινου οφθαλμού, εξηγώντας έτσι και το πώς διορθώνουν τα γυαλιά την όραση. Την ίδια χρονιά με τα *Διοπτρικά*, στη συγγραφή του οποίου οδηγείται και μετά το τηλεσκόπιο που του στέλνει ο Γαλιλαίος, κατασκευάζει και το πρώτο τηλεσκόπιό του.

Τον Οκτώβριο του 1604, καθώς παρατηρεί μία σπάνια σύνοδο των πλανητών Άρη, Δία και Κρόνου, αντιλαμβάνεται την εμφάνιση ενός υπερκαινοφανούς αστέρα, ο οποίος παραμένει ορατός επί 17 μήνες. Το φαινόμενο αυτό τον κάνει να αναθεωρήσει την πανάρχαια αντίληψη ότι οι απλανείς αστέρες δεν υπόκεινται σε μεταβολές με την πάροδο του χρόνου. Τα αποτελέσματα των παρατηρήσεών του αυτών δημοσιεύονται το 1606 με τον τίτλο *De Stella Nova in Pede Serpentarii* (*Περί του νέου αστέρα στον πόδα του αστερισμού του Οφιούχου*).

Το σημαντικότερο έργο όμως του Kepler κατά την περίοδο αυτή δημοσιεύεται το 1609 με τον τίτλο *Astronomia Nova* (*Νέα Αστρονομία*), όπου περιέχονται οι δύο πρώτοι νόμοι του σχετικά με την κίνηση των πλανητών. Το έργο αυτό αποτελεί το αποτέλεσμα των επίπονων μελετών του Kepler σχετικά με την τροχιά του Άρη, που του είχε αναθέσει ο Brahe, όταν ο πρώτος έφτασε στην Πράγα. Είναι η πρώτη φορά που η κυκλική τροχιά (μία πεποίθηση δύο χιλιάδων ετών) εγκαταλείπεται για χάρη της έλλειψης, του σχήματος στο οποίο κατέληξε ο Kepler ότι περιγράφει καλύτερα την τροχιά του Άρη. Τα συμπεράσματα αυτά θα γενικευτούν αργότερα για όλους τους πλανήτες.

Στο μεταξύ η προσωπική ζωή του Kepler υφίσταται διαδοχικά πλήγματα: τα παιδιά του αρρωσταίνουν, η οικονομική του κατάσταση είναι μόνιμα προβληματική αφού ο μισθός του δεν καταβάλλεται κανονικά, επικρατεί πολιτική αστάθεια στην Πράγα και, ως αποκορύφωμα, η γυναίκα του πεθαίνει. Έτσι ο Kepler αποδέχεται με ευχαρίστηση τη θέση του μαθηματικού της επαρχίας της Αυστρίας και μετακομίζει το

[37] Πλήρης τίτλος: *Ad Vitellionem Paralipomena, Quibus Astronomiae Pars Optica Traditur* δηλαδή *Συμπλήρωμα στο Βιτέλλιο: Ανάπτυξη του οπτικού μέρους της Αστρονομίας*. (Στο Βιτέλλιο οφείλεται η σημαντικότερη πραγματεία περί οπτικής κατά το Μεσαίωνα).



1611 στο Linz, όπου πραγματοποιεί ένα νέο ξεκίνημα. Παντρεύεται μάλιστα, για δεύτερη φορά, τον επόμενο χρόνο.

Στο Linz ασχολείται με τη στερεομετρία και δημοσιεύει το 1615 το έργο *Stereometria Doliorum*, ένα έργο στερεομετρίας που φτάνει στις παρυφές του απειροστικού λογισμού. Τον καιρό αυτό σχηματίζεται στο μυαλό του Kepler ο τρίτος νόμος του, η τελική μορφή του οποίου διατυπώνεται στο πιο αγαπημένο έργο του *Harmonice Mundi* (*Αρμονία του Κόσμου*), που δημοσιεύεται το 1619. Την ίδια εποχή γενικεύει για όλους τους πλανήτες τους δύο πρώτους νόμους που είχε διατυπώσει το 1609 για την περίπτωση του Άρη με το έργο του *Epitome Astronomiae Copernicanae* (*Επιτομή Κοπερνίκειας Αστρονομίας*), τα οκτώ βιβλία του οποίου δημοσιεύονται στο χρονικό διάστημα 1618–1621.

Παράλληλα με τις δημοσιεύσεις αυτές ο Kepler συνεχίζει την επίπονη και πολυετή εργασία πάνω στη σύνταξη αστρονομικών πινάκων που είχε ξεκινήσει, όταν ήταν ακόμη βοηθός του Brahe. Σε αυτόν αφιερώνει άλλωστε και το έργο του, το οποίο βλέπει τελικά το φως της δημοσιότητας το 1627 στην Ulm της Γερμανίας με τον τίτλο *Tabulae Rodolphinae* (*Ροδόλφειοι Πίνακες*).

Τα χρωστούμενα στον Kepler από το αυτοκρατορικό θησαυροφυλάκιο έχουν ήδη φτάσει στο ποσό των 12.000 φιορινιών και η οικονομική του κατάσταση είναι χειρότερη από ποτέ. Μετά από ένα διακανονισμό με τον αυτοκράτορα το χρέος μεταβιβάζεται στον Albrecht von Wallenstein, δούκα του Friesland και Sagan, ο οποίος και υπόσχεται στον Kepler την παροχή ικανοποιητικών συνθηκών εργασίας και σταθερού μισθού. Έτσι, το 1628 μετακομίζει με την οικογένειά του στο Sagan της Σιλεσίας, όπου ασχολείται με την έκδοση αστρονομικών *Εφημερίδων*. Οι υποσχέσεις ωστόσο του δούκα αποδεικνύονται ψεύτικες, με αποτέλεσμα στις 8 Οκτωβρίου 1630 ο Kepler μεταβαίνει στο Regensburg, με σκοπό να διεκδικήσει μπροστά στη Δίαιτα την αποπληρωμή των αυτοκρατορικών χρεών. Αμέσως μετά την άφιξή του όμως αρρωσταίνει και στις 15 Νοεμβρίου του ίδιου χρόνου πεθαίνει. Θάφτηκε στο νεκροταφείο της πόλης, ο τάφος του όμως καταστράφηκε κατά τη διάρκεια του Τριακονταετούς Πολέμου και το μόνο που έχει διασωθεί είναι το επιτάφιο που είχε γράψει για τον εαυτό του:

*Τους ουρανόσ μετρούσα, τώρα τους ίσκιους μετρώ  
στον ουρανό πετούσε το πνεύμα, στη γη αναπαύεται το κορμί.*

#### 4.4.1 Σημαντικότερα αστρονομικά έργα

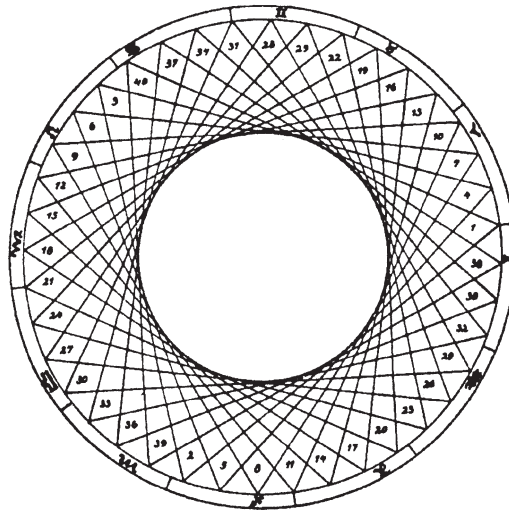
##### 4.4.1.1 *Mysterium Cosmographicum*

Το *Κοσμογραφικό Μυστήριο* είναι το πρώτο αστρονομικό έργο του Kepler, το οποίο επεξεργάστηκε κατά την παραμονή του στο Graz της Στυρίας. Δημοσιεύτηκε το 1596

στο Tübingen, με έξοδα του εκεί πανεπιστημίου και επιμέλεια του καθηγητή του Kepler, Michael Maestlin. Εκτός από το κείμενο του Kepler η έκδοση περιλάμβανε το *Narratio Prima*, την παρουσία του οποίου θεώρησε απαραίτητη ο Maestlin για την καλύτερη κατανόηση από τους αναγνώστες του κοπερνίκειου συστήματος, καθώς και ένα παράρτημα με τους πίνακες με τα αποτελέσματα των υπολογισμών που έκανε ο Maestlin για τις τροχιές των πλανητών σε σχέση με τον Ήλιο και όχι με το κέντρο της τροχιάς της Γης που χρησιμοποιούσε ο Κοπέρνικος.

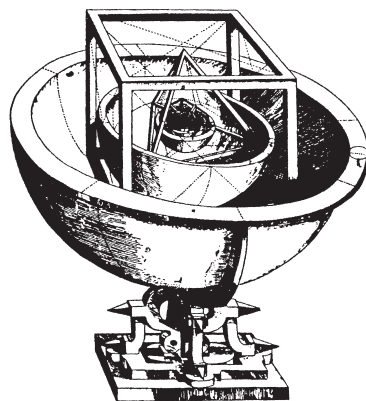
Το *Κοσμογραφικό Μυστήριο* ξεκινά με έναν *Πρόλογο προς τον Αναγνώστη*, όπου ο Kepler περιγράφει συνοπτικά τη θεωρία του, καθώς και την πορεία που κατέληξε σε αυτήν. Έτσι αναφέρει ότι ήδη από την εποχή που ήταν φοιτητής στο Tübingen, όπου και πρωτάκουσε για το κοπερνίκειο σύστημα, του δημιουργήθηκε η απορία γιατί οι πλανήτες να είναι ακριβώς επτά, όπως έλεγε ο Πτολεμαίος, ή έξι, σύμφωνα με τον Κοπέρνικο, «και όχι είκοσι ή εκατό» και γιατί οι αποστάσεις και οι ταχύτητες των πλανητών να είναι αυτές που είναι. Η αναζήτηση αριθμητικών αναλογιών ωστόσο δεν είχε αποτέλεσμα ό,τι τέχνασμα και να χρησιμοποιήσει, ακόμα και όταν πρόσθεσε δύο υποθετικούς μικροσκοπικούς πλανήτες ανάμεσα στους ήδη γνωστούς. Η ιδέα τού ήρθε κατά τη διάρκεια του μαθήματος, όταν σχεδιάζοντας στον πίνακα μία σειρά από τρίγωνα εγγεγραμμένα σε έναν κύκλο, που αφορούσαν στις διαδοχικές συνόδους πλανητών ως προς το ζωδιακό κύκλο (βλ. Σχήμα 4.8), είδε να σχηματίζεται από τα σημεία τομής των τριγώνων ένας δεύτερος μικρότερος κύκλος.

**Σχήμα 4.8**  
 Διαδοχικές συνόδοι πλανητών –  
 Τρίγωνα εγγεγραμμένα σε κύκλο, τα  
 σημεία τομής των  
 οποίων σχηματίζουν δεύτερο  
 μικρότερο κύκλο



Η αναλογία ανάμεσα στους δύο κύκλους τού θύμισε την αναλογία των τροχιών Κρόνου και Δία. Δοκίμασε να εγγράψει ανάμεσα στο Δία και τον Άρη ένα τετράγωνο, ανάμεσα στον Άρη και τη Γη ένα πεντάγωνο κλπ., αλλά δεν υπήρξε αποτέλεσμα.

Τότε συνειδητοποίησε ότι, αφού οι πλανήτες κινούνται στο χώρο, θα έπρεπε να χρησιμοποιήσει γεωμετρικά στερεά και ότι υπήρχαν μόνο πέντε τέλεια στερεά<sup>[38]</sup>, γεγονός που εξηγούσε τον αριθμό των πλανητών. Έτσι, στη σφαίρα που ορίζει την τροχιά του Κρόνου ενέγραψε έναν κύβο, με εγγεγραμμένη μέσα σε αυτόν τη σφαίρα της τροχιάς του Δία. Ανάμεσα στο Δία και τον Άρη τοποθέτησε ένα τετράεδρο, ανάμεσα στον Άρη και τη Γη ένα δωδεκάεδρο, στη συνέχεια ένα εικοσάεδρο και, τέλος, ανάμεσα στις τροχιές της Αφροδίτης και του Ερμή ένα οκτάεδρο, κατασκευάζοντας έτσι το μοντέλο του σύμπαντος που φαίνεται στο Σχήμα 4.9.



#### Σχήμα 4.9

Η δομή του σύμπαντος σύμφωνα με το μοντέλο των τέλειων στερεών

Το πρώτο κεφάλαιο του βιβλίου αποτελεί μία ενθουσιώδη και καθαρή ομολογία πίστης στον Κοπέρνικο. Ο Kepler εκθέτει διεξοδικά το κοπερνίκαιο σύστημα (κάνοντας και πολλές παραπομπές στο *Narratio Prima*, που συνοδεύει την έκδοση του *Mysterium*) και αναλύει τα πλεονεκτήματά του σε σχέση με το πτολεμαϊκό. Δεν περιορίζεται όμως μόνο στη μαθηματική και την αστρονομική πλευρά του θέματος, αλλά προχωρά ακόμα πιο πέρα: δηλώνει ότι το ηλιοκεντρικό σύστημα δε σώζει απλώς τα φαινόμενα, αλλά αποτελεί μία φυσική πραγματικότητα, γεγονός που αποτελεί την πρώτη, ουσιαστικά, δημόσια υποστήριξη της διδασκαλίας του Κοπέρνικου, μισό αιώνα μετά το θάνατό του. Στις προθέσεις του Kepler ήταν η προσθήκη στο κεφάλαιο αυτό μίας απόδειξης ότι το ηλιοκεντρικό σύστημα δεν έρχεται σε σύγκρουση με την Αγία Γραφή, ωστόσο ο επικεφαλής της θεολογικής σχολής του Tübingen (το Πανεπιστήμιο του Tübingen ήταν αυτό που κάλυψε τα έξοδα εκτύπωσης του βιβλίου) τον απέτρεψε από κάτι τέτοιο και τον συμβούλεψε να ακολουθή-

[38] Τέλεια ονομάζονται τα στερεά που έχουν όλες τις πλευρές τους ίσες και εγγεγραμμένα σε σφαίρα έχουν όλες τις κορυφές τους πάνω σε αυτή. Ο Ευκλείδης απέδειξε ότι υπάρχουν μόνο πέντε τέτοια στερεά: 1. το τετράεδρο (τέσσερα ισόπλευρα τρίγωνα), 2. ο κύβος, 3. το οκτάεδρο (οκτώ ισόπλευρα τρίγωνα), 4. το δωδεκάεδρο (δώδεκα πεντάγωνα) και 5. το εικοσάεδρο (είκοσι ισόπλευρα τρίγωνα).

σει μία προσέγγιση του θέματος πιο κοντινή στο πνεύμα του προλόγου του *De Revolutionibus* (που είχε γράψει, όπως θα ανακάλυπτε ο ίδιος ο Kepler λίγα χρόνια αργότερα, ο Oslander). Ο Kepler ακολούθησε τη συμβουλή ως προς το πρώτο μέρος της, όχι όμως και ως προς το δεύτερο.

Μετά την αναφορά στον Κοπέρνικο, ο Kepler ξεκινά την απόδειξη της θεωρίας του σχετικά με τα τέλεια στερεά, η οποία βασίζεται σε γενικές γραμμές στη θέση ότι ο Θεός δε θα μπορούσε παρά να δημιουργήσει έναν τέλειο κόσμο και, εφόσον δεν υπάρχουν παρά μόνο πέντε τέλεια στερεά, είναι προφανές ότι αυτά έχουν τοποθετηθεί ανάμεσα στους έξι πλανήτες και καθορίζουν τις τροχιές τους.

Στα επόμενα έξι κεφάλαια (τρίτο έως όγδοο) ο Kepler εξηγεί για ποιο λόγο υπάρχουν τρεις πλανήτες εκτός της τροχιάς της Γης και δύο εντός, για ποιο λόγο η τροχιά αυτή βρίσκεται στη συγκεκριμένη θέση, για ποιο λόγο βρίσκεται ο κύβος ανάμεσα στους δύο πιο εξωτερικούς και το οκτάεδρο ανάμεσα στους δύο πιο εσωτερικούς πλανήτες, τι συγγένειες και τι αντιπάθειες υπάρχουν ανάμεσα στους πλανήτες και τα τέλεια στερεά κλπ., όλα βασιζόμενα σε *a priori* συμπεράσματα που πηγάζουν απευθείας από τις μυστικές σκέψεις του Δημιουργού, όπως τουλάχιστον τις ερμηνεύει ο Kepler.

Ακολούθως το ένατο κεφάλαιο ασχολείται με την αστρολογία, το δέκατο με την αριθμολογία, το ενδέκατο με το γεωμετρικό συμβολισμό του ζωδιακού κύκλου, ενώ το δωδέκατο κεφάλαιο αναφέρεται στην πυθαγόρεια αρμονία των σφαιρών και προσπαθεί να συσχετίσει τα τέλεια στερεά με τα αρμονικά διαστήματα της μουσικής.

Μέχρι το σημείο αυτό οι απόψεις που εισηγείται ο Kepler βασίζονται σε θεωρητικές-φιλοσοφικές προσεγγίσεις της δομής του σύμπαντος. Από το επόμενο κεφάλαιο και μέχρι το εικοστό ο Kepler προχωρά στη μαθηματική θεμελίωσή τους πάνω στα δεδομένα των παρατηρήσεων. Στον πρόλογο ο Kepler είχε δηλώσει ότι τα στερεά του συμφωνούν με τις παρατηρήσεις. Αυτό όμως συμβαίνει σε ικανοποιητικό βαθμό μόνο για τις τροχιές του Άρη, της Γης και της Αφροδίτης, ενώ υπάρχουν σημαντικές διαφορές για το Δία και τον Ερμή, όπως φαίνεται στον Πίνακα Α που ακολουθεί. Για το μεν πρώτο επικαλείται τη μεγάλη απόστασή του από το κέντρο του σύμπαντος, για το δε δεύτερο καταφεύγει ουσιαστικά στην ανακόλουθη ως προς τα προηγούμενα αυθαιρεσία, εγγράφοντας τη σφαίρα του πλανήτη όχι στις πλευρές του οκτάεδρου, όπως όφειλε, αλλά στο τετράγωνο που σχημάτιζαν οι τέσσερις μεσαίες γωνίες.

**Πίνακας Α**

Σχέση ανάμεσα στις ακτίνες των σφαιρών σύμφωνα με τους υπολογισμούς του Kepler και του Κοπέρνικου

Εάν		Τότε	Kepler	Κοπέρνικος
Κρόνος	1000	Δίας	577	635
Δίας	1000	Άρης	333	333
Άρης	1000	Γη	795	757
Γη	1000	Αφροδίτη	795	794
Αφροδίτη	1000	Ερμής	577 (707)	723

Για να αιτιολογήσει τις υπόλοιπες αντιφάσεις που παρουσιάζονται ανάμεσα στη θεωρία του και τα δεδομένα του Κοπέρνικου, επικαλείται το γεγονός ότι ο τελευταίος θεωρούσε ως κέντρο του σύμπαντος όχι τον Ήλιο αλλά ένα σημείο κοντά σε αυτόν. Έτσι ζητά από το Maestlin να κάνει νέους υπολογισμούς της απόστασης των πλανητών από τον Ήλιο (που παρατίθενται σε παράρτημα στο τέλος του *Mysterium*), οι οποίοι όμως δε βελτιώνουν την κατάσταση, με αποτέλεσμα να χαρακτηρίσει τελικά ο Kepler τα δεδομένα του Κοπέρνικου ως μη αξιόπιστα.

Στη συνέχεια ο Kepler θέτει ένα δεύτερο ερώτημα (το πρώτο αφορούσε στον αριθμό των πλανητών), το οποίο επίσης δεν είχε τεθεί από κανένα μέχρι τότε: Ποια σχέση υπάρχει ανάμεσα στην απόσταση  $R$  ενός πλανήτη από τον Ήλιο και την περίοδο περιφοράς του  $T$ ; Μέχρι τότε ήταν γνωστό ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση ενός πλανήτη από τον Ήλιο, τόσο μικρότερη ήταν η ταχύτητά του. Ο Kepler εξηγεί το φαινόμενο αυτό εισάγοντας την έννοια της *anima motrix* (κινητήριας ψυχής), μίας δύναμης που εκπέμπεται από τον Ήλιο και οδηγεί τους πλανήτες πάνω στις τροχιές τους και η οποία εξασθενεί όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση, «όπως συμβαίνει και με τη δύναμη του φωτός». Όσον αφορά τώρα στη σχέση ανάμεσα στις αποστάσεις και τις περιόδους δύο πλανητών, ο Kepler καταλήγει στον (λάθος, όπως θα ανακαλύψει στο *Harmonice Mundi*) τύπο

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{T_1}{\frac{1}{2}(T_1 + T_2) a}$$

Το κείμενο, τέλος, που κλείνει το *Mysterium* αποκαλείται από τον Kepler ως ένα «επιδόρπιο μετά από ένα χορταστικό γεύμα» και αναφέρεται στους αστερισμούς του ουρανού την πρώτη και την τελευταία ημέρα του κόσμου. Ο Kepler δίνει ένα αρκετά «αισιόδοξο» ωροσκόπιο της Δημιουργίας, η οποία άρχισε την Κυριακή 27 Απρι-

λίου του 4977 π.Χ., αλλά για το τέλος της μας πληροφορεί ότι «δεν μπόρεσα να συμπεράνω ένα τέλος των κινήσεων από εσωτερικές αιτίες».

#### 4.4.1.2 Astronomia Nova

Η *Νέα Αστρονομία* αποτελεί το σημαντικότερο έργο του Γιοχάννες Κεπλερ, αυτό στο οποίο κατά κύριο λόγο οφείλει τη θέση του ανάμεσα στους κορυφαίους διανοητές στην ιστορία της επιστήμης. Στο έργο αυτό περιέχονται οι δύο πρώτοι νόμοι του Κεπλερ, οι οποίοι θέτουν τις βάσεις για τη θεωρία της βαρύτητας που θα αναπτύξει αργότερα ο Νεύτωνας. Η συγγραφή της ξεκίνησε ήδη από τα πρώτα χρόνια της παραμονής του Κεπλερ στην Πράγα, αλλά ολοκληρώθηκε αρκετά αργότερα, το 1606, και εκδόθηκε μόλις το 1609, όταν έγινε δυνατή η συγκέντρωση των χρημάτων που απαιτούνταν για την έκδοση.

Πρόκειται για ένα έργο που θυμίζει σαφώς περισσότερο μία διήγηση ή καλύτερα ένα ημερολόγιο της πορείας του Κεπλερ προς την ανακάλυψη της ελλειπτικής τροχιάς, παρά ένα επιστημονικό σύγγραμμα. Ο Κεπλερ και σε αυτό το έργο του, και σε αντίθεση με τον Κοπέρνικο, δεν παραθέτει μεθοδικά τις ιδέες του, αλλά περιγράφει ολόκληρη την πορεία του με όλες τις αλλαγές που προέκυπταν και τα λάθη που έκανε καθ' οδόν προς τον τελικό στόχο. Το έργο ασχολείται τυπικά με τον Άρη, τα συμπεράσματά του ωστόσο έχουν γενικότερη ισχύ. Ο Brahe είχε κατασκευάσει ένα μοντέλο για την κίνηση του συγκεκριμένου πλανήτη, το οποίο όμως δεν είχε ιδιαίτερη επιτυχία και χρειαζόταν αναθεώρηση.

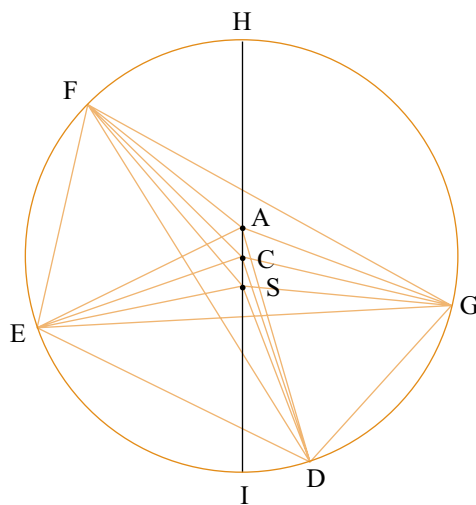
Ο Κεπλερ ξεκινά το πρώτο βιβλίο του έργου του ασχολούμενος με το επίπεδο της τροχιάς του Άρη. Ο Κοπέρνικος είχε θεωρήσει ότι το επίπεδο αυτό ταλαντεύεται στο χώρο, για να αιτιολογήσει τις διαφορές που παρουσιάζονταν μεταξύ παρατήρησης και θεωρίας. Ο Κεπλερ αντιθέτως αποδεικνύει ότι το επίπεδο παραμένει σταθερό και περνά από την πραγματική θέση του Ήλιου, όπως και τα επίπεδα των τροχιών των υπόλοιπων πλανητών. Δείχνει επίσης ότι οι εμφανιζόμενες μεταβολές οφείλονται στο γεγονός ότι τόσο ο Κοπέρνικος όσο και ο Brahe χρησιμοποιούσαν ως σημείο αναφοράς τη μέση θέση του Ήλιου. Αφού, με αυτό τον τρόπο, αναδεικνύει τη σημασία της πραγματικής θέσης του Ήλιου στους υπολογισμούς των τροχιών, προχωρά στον εξαρχής υπολογισμό της τροχιάς του Άρη ως προς το νέο σημείο αναφοράς, βασιζόμενος στις παρατηρήσεις του Brahe.

Έχει ενδιαφέρον να σημειώσουμε ότι ο Κεπλερ, ένας φανατικός οπαδός του κοπερνίκειου συστήματος ήδη από τα πρώτα βήματά του στο χώρο της αστρονομίας, επιλέγει ως αφετηρία του το πτολεμαϊκό μοντέλο. Ο Κεπλερ είναι πεπεισμένος ότι οι κινήσεις των ουράνιων σωμάτων έχουν φυσική εξήγηση και δεν πρέπει να αντιμε-

τωπίζονται μόνο με καθαρά γεωμετρικούς όρους. Έτσι δυσκολεύεται να αποδεχτεί τον επίκυκλο που τοποθετεί ο Κοπέρνικος στη θέση του εξισωτή του Πτολεμαίου. Από την άλλη, έχει συμφιλιωθεί με το γεγονός ότι η κίνηση των πλανητών δεν είναι ομαλή, αλλά η ταχύτητά τους μεταβάλλεται κατά μήκος της τροχιάς τους, επομένως ο εξισωτής αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο μαθηματικό τέχνασμα που δεν επηρεάζει την κατανόηση της φυσικής πραγματικότητας σχετικά με τις τροχιές των πλανητών.

Η συλλογιστική που ακολουθεί ο Kepler για να υπολογίσει την τροχιά του Άρη με βάση τα παραπάνω είναι σε γενικές γραμμές η ακόλουθη. Καταρχήν θεωρεί τον κύκλο HI με κέντρο C, που φαίνεται στο Σχήμα 4.10, ως την τροχιά του πλανήτη και έστω πάνω στη διάμετρό του τα σημεία A η θέση του εξισωτή και S η αληθής θέση του Ήλιου. Ο Πτολεμαίος είχε θεωρήσει ότι ισχύει  $AC = CS = \frac{1}{2}AS$ . Ο Kepler όμως δε βρίσκει κάποιο λόγο για τη διχοτόμηση της εκκεντρότητας, έτσι αποφασίζει ότι πρέπει να θεωρήσει ως ζητούμενο και τη θέση των A και S, με αποτέλεσμα να αναγκάζεται να χρησιμοποιήσει τέσσερις παρατηρήσεις και όχι τρεις όπως ο Πτολεμαίος και ο Κοπέρνικος (που επίσης είχε αποδεχτεί, κατά κάποιο τρόπο, τη διχοτόμηση). Πάνω στην τροχιά θεωρεί τα σημεία E, F, G και D, τα οποία αποτελούν τη θέση του πλανήτη κατά τις αντιθέσεις των ετών 1587, 1591, 1593 και 1595 που είχε παρατηρήσει ο Brahe. Από τα παρατηρησιακά δεδομένα γνωρίζουμε τις διευθύνσεις των τμημάτων SE, SF, SG και SD, καθώς και τις γωνίες ESF, FSG, GSD και DSE. Οι γωνίες που σχηματίζουν τα σημεία E, F, G και D με τον εξισωτή A είναι επίσης ουσιαστικά γνωστές από τη (γνωστή) περίοδο περιφοράς του πλανήτη. Με τα στοιχεία αυτά και υποθέτοντας κάποια τιμή για τη θέση της γραμμής των ασπίδων HI (δηλ. για τη γωνία HSF) υπολογίζουμε τη θέση των σημείων C, A και S, καθώς και τη γωνία ASF. Εάν οι γωνίες ASF και HSF είναι ίσες, έχει καλώς, ειδάλλως επαναλαμβάνουμε τους υπολογισμούς για μία νέα θέση της γραμμής των ασπίδων.<sup>[39]</sup>

[39] Ο Kepler αναγκάστηκε να επαναλάβει τη διαδικασία αυτή εξήντα έξι φορές μέχρι να καταλήξει σε αποτέλεσμα που να ικανοποιεί τις συνθήκες του μοντέλου του. Είναι χαρακτηριστικό δε το γεγονός ότι το χειρόγραφο των πρόχειρων υπολογισμών του που έχει διασωθεί αριθμεί 900 πυκνογραμμένες σελίδες.



**Σχήμα 4.10**

*Εύρεση της τροχιάς του Άρη με τη χρήση τεσσάρων ηλιακών αντιθέσεων.*

Με τον τρόπο αυτό ο Kepler κατέληξε ότι το μήκος στο αφήλιο είναι ίσο με  $28^{\circ}48'55''$  (Λέων), ενώ οι αποστάσεις της πραγματικής θέσης του Ήλιου και του εξισωτή από το κέντρο της τροχιάς είναι  $CS = 0,11332$  και  $CA = 0,07232$  αντίστοιχα, θεωρώντας ότι η ακτίνα της τροχιάς είναι ίση με τη μονάδα.

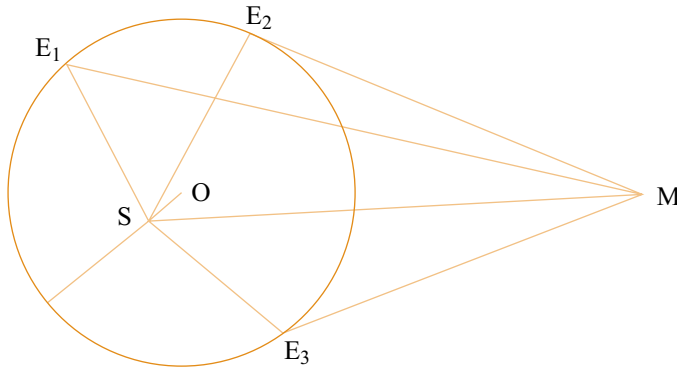
Οι προβλέψεις του μοντέλου αυτού, όσον αφορά την κατά μήκος κίνηση του πλανήτη, δεν απείχαν περισσότερο από  $2'12''$  από τα δεδομένα δώδεκα ηλιακών αντιθέσεων που είχε παρατηρήσει ο Brahe. Ως προς το πλάτος όμως εμφανίζονταν μεγάλες διαφορές. Όταν ο Kepler επανέλαβε τους υπολογισμούς του χρησιμοποιώντας τα παρατηρημένα πλάτη κατά τις αντιθέσεις του 1585 και 1593, κατέληξε σε αποτελέσματα που διέφεραν σημαντικά με τα μεγέθη που προαναφέρθηκαν, ταίριαζαν όμως σχεδόν τέλεια με τη διχοτόμηση της εκκεντρότητας. Δυστυχώς, η διχοτόμηση έδινε μεν ικανοποιητικά αποτελέσματα για τη θέση του πλανήτη στις ανίδες και σε απόσταση  $90^{\circ}$  από αυτές, στις ενδιάμεσες όμως θέσεις η διαφορά θεωρητικών προβλέψεων και παρατηρήσεων έφτανε τα  $8'$ .

Τα οκτώ αυτά λεπτά ήταν μέσα στο περιθώριο σφάλματος των παρατηρήσεων των αρχαίων, κατά συνέπεια δεν απασχόλησαν ούτε τον Πτολεμαίο αλλά ούτε και τον Κοπέρνικο. Ο Kepler όμως είναι σαφής: «*Ο Θεός μάς χάρισε έναν τόσο σχολαστικό παρατηρητή όπως ο Brahe, ώστε δε θα ήταν σωστό να μην εκμεταλλευτούμε το θείο αυτό δώρο*». Έτσι καταλήγει σε αδιέξοδο και το δεύτερο βιβλίο της *Νέας Αστρονομίας* τελειώνει με τη διαπίστωση ότι θα πρέπει να γίνει μία νέα αρχή. Έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον να παρατηρήσει κανείς την πορεία του Kepler από το *Mysterium*, όπου τα γεγονότα χειραγωγούνται έτσι ώστε να ταιριάζουν με τη γενική υπόθεση, έως την *Astronomia Nova*, όπου 8 λεπτά του τόξου είναι αρκετά για την απόρριψη δουλειάς ετών. Θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε πως η συνεργασία με τον τελειομανή και λεπτολόγο Brahe δεν είναι άσχετη με την αλλαγή αυτή.

Το τρίτο βιβλίο ξεκινά με την αλλαγή του αντικειμένου μελέτης του Kepler. Για να μπορέσουμε να καταλάβουμε την τροχιά του Άρη, πρέπει να είμαστε πρώτα σίγουροι για την κίνηση του παρατηρητήριού μας, δηλαδή της Γης. Έτσι ο Kepler στρέφεται στη Γη και ασχολείται με τον ακριβή προσδιορισμό της τροχιάς της. Μέχρι τότε η Γη δεν είχε προσελκύσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, διότι η κίνησή της (αντίστοιχα η κίνηση του Ήλιου για τον Πτολεμαίο και τον Brahe) θεωρούνταν η απλούστερη και ομαλότερη κίνηση. Ο Kepler χρησιμοποιεί στο σημείο αυτό μία ιδιαίτερα πρωτότυπη και ευφυή μέθοδο. Μεταφέρει το παρατηρητήριό του στον Άρη και από εκεί προσδιορίζει την τροχιά της Γης, χρησιμοποιώντας τις παρατηρήσεις του Brahe. Για να καταστεί αυτό όμως δυνατό, χρειάζεται να ακινητοποιήσει τον Άρη (έτσι ώστε να μη χρειάζεται να λάβει υπόψη του την κίνηση του πλανήτη), γεγονός βέβαια ανέφικτο. Αυτό



που μπορεί να γίνει όμως είναι να χρησιμοποιήσει παρατηρήσεις που να διαφέρουν μεταξύ τους διάστημα ίσο με ακέραιο πολλαπλάσιο της περιόδου περιστροφής του Άρη, η οποία είναι ίση με 687 ημέρες. Κάθε 687 ημέρες ο Άρης βρίσκεται ακριβώς στο ίδιο σημείο του ουρανού, επομένως είναι σαν να μην έχει μετακινηθεί καθόλου. Η μέθοδος που χρησιμοποιεί ο Kepler φαίνεται σε γενικές γραμμές στο Σχήμα 4.10.



**Σχήμα 4.11**

*Εύρεση της τροχιάς της Γης παρατηρώντας την από τον Άρη.*

Ο Άρης βρίσκεται στο σημείο M, S η θέση του Ήλιου και  $E_1, E_2, E_3$  τρεις θέσεις της Γης πάνω στην κυκλική τροχιά της, που απέχουν μεταξύ τους 687 ημέρες. Τα ηλιοκεντρικά πλάτη του Άρη και της Γης μπορούν να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας είτε το μοντέλο του Brahe για την κίνηση του Άρη, είτε την αντίστοιχη υπόθεση που χρησιμοποίησε ο Kepler στα πρώτα βιβλία της *Νέας Αστρονομίας*, άρα οι γωνίες  $E_1SM, E_2SM$  και  $E_3SM$  είναι γνωστές. Οι παρατηρήσεις δίνουν απευθείας τις γωνίες  $SE_1M, SE_2M$  και  $SE_3M$ , επομένως μπορούμε να υπολογίσουμε τις γωνίες  $SME_1, SME_2$  και  $SME_3$  και ακολούθως τις αποστάσεις  $SE_1, SE_2$  και  $SE_3$ . Τρία σημεία αρκούν για τον ορισμό ενός κύκλου, επομένως είναι δυνατός ο υπολογισμός των διαστάσεων της τροχιάς της Γης και η απόσταση του κέντρου της τροχιάς O από τη θέση του Ήλιου S. Τοποθετώντας στη συνέχεια στο S τη θέση του εξισωτή και με ανάλογη διαδικασία ο Kepler υπολογίζει την απόστασή του από το κέντρο της τροχιάς. Εάν ο Κοπέρνικος και ο Brahe είχαν δίκιο, τότε θα έπρεπε η θέση του εξισωτή να ταυτίζεται με αυτή του Ήλιου. Κάτι τέτοιο όμως δε συμβαίνει, αλλά τα δύο σημεία βρίσκονται εκατέρωθεν του κέντρου O, ισαπέχοντας από αυτό, με αποτέλεσμα ο Kepler να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι και η τροχιά της Γης έχει την ίδια μορφή με αυτή των άλλων πλανητών: παρουσιάζει δηλαδή εκκεντρότητα, η οποία διχοτομείται. Το συμπέρασμα αυτό ήταν τόσο σημαντικό, αφού αποδείκνυε την ομοιομορφία των κινήσεων στο σύμπαν, που ο Kepler προβαίνει σε δύο ακόμα αποδείξεις, ανεξάρτητες με την πρώτη, έτσι ώστε να επιβεβαιώσει την ορθότητά του.

Ενώ θα περίμενε κανείς να χρησιμοποιήσει ο Kepler την ίδια μέθοδο για τον προσδιο-

ρισμό της τροχιάς του Άρη, αυτός αλλάζει θέμα και αναζητεί στη συνέχεια του βιβλίου τα αίτια της κίνησης των πλανητών, ένα θέμα που είχε θίξει και στο *Mysterium*. Αναλύοντας τον τρόπο με τον οποίο αυτοί κινούνται και αποδεικνύοντας ότι η ταχύτητα περιστροφής ενός πλανήτη είναι τόσο μικρότερη όσο μακρύτερα βρίσκεται αυτός από το κέντρο του σύμπαντος κατά τη διάρκεια της περιφοράς του, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η κίνησή τους πρέπει να είναι αποτέλεσμα μάλλον μίας γενικής δύναμης, παρά να οφείλεται στον κάθε πλανήτη χωριστά. Επίσης, αφού η ταχύτητα μεταβάλλεται με την απόσταση, προκύπτει ότι η πηγή της δύναμης αυτής δεν μπορεί παρά να βρίσκεται στο κέντρο του σύμπαντος, δηλαδή στον Ήλιο. Για να αιτιολογήσει, τώρα, το γεγονός ότι, αν και η κίνηση των πλανητών είναι αποτέλεσμα της ίδιας δύναμης, αυτοί δεν κινούνται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα, θεωρεί ότι η δύναμη αυτή εξασθενεί με την απόσταση, όπως ακριβώς συμβαίνει και με το φως του Ήλιου. Επίσης, για να εξηγήσει τη μεταβολή της απόστασης των πλανητών από τον Ήλιο, τους χαρακτηρίζει ως τεράστιους μαγνήτες, ο μαγνητικός άξονας των οποίων έχει σταθερή κατεύθυνση. Έτσι, ανάλογα με το ποιος πόλος αντικρίζει τον Ήλιο, απομακρύνονται από αυτόν ή τον προσεγγίζουν.<sup>[40]</sup>

Αφού περιέγραψε τα φυσικά αίτια της κίνησης των πλανητών ο Kepler προχωρά τώρα στην εύρεση μεθόδου για τον προσδιορισμό της θέσης της Γης πάνω στην τροχιά της κάθε χρονική στιγμή. Με την παλαιά θεώρηση της ομαλής κυκλικής κίνησης αυτό ήταν απλούστατο. Τώρα όμως έχει αποδειχτεί ότι και η Γη πραγματοποιεί κίνηση ανάλογη με αυτή των άλλων πλανητών, άρα χρειαζόμαστε καινούργιο τρόπο υπολογισμού της θέσης. Έτσι προχωρεί, σε γενικές γραμμές, στον ακόλουθο συλλογισμό: Ο χρόνος που χρειάζεται η Γη για να καλύψει ένα τμήμα της τροχιάς της είναι αντιστρόφως ανάλογος της ταχύτητάς της. Από την άλλη, η ταχύτητα είναι επίσης αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης από το κέντρο του σύμπαντος, δηλαδή από τον Ήλιο. Επομένως ο χρόνος για ένα μικρό (στοιχειώδες θα λέγαμε σήμερα) τμήμα της τροχιάς είναι ανάλογος της απόστασης. Αν αναφερθούμε, τώρα, σε μεγαλύτερα τόξα, μέτρο του απαιτούμενου για την κάλυψή τους χρόνου θα είναι το άθροισμα όλων των αποστάσεων του πλανήτη από τον Ήλιο κατά μήκος του τόξου, δηλαδή το εμβαδόν της επιφάνειας που σαρώνει η γραμμή που συνδέει τον πλανήτη με τον Ήλιο. Άρα η *επιβατική ακτίνα του πλανήτη θα σαρώνει ίσες επιφάνειες σε ίσους χρόνους*. Το συμπέρασμα αυτό είναι ο επονομαζόμενος *Δεύτερος Νόμος* του Kepler. Ο Kepler είχε ήδη αποδείξει ότι η ταχύτητα είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης μόνο στις αψίδες της κίνησης. Η γενίκευση που κάνει για όλη την τροχιά δε στηρίζεται πουθενά και μπορεί στην περί-

[40] Το 1600 δημοσιεύεται το *De Magnete* (Περί του μαγνήτου) του Άγγλου W. Gilbert, στο οποίο πέραν των άλλων χρησιμοποιείται ο μαγνητισμός για να εξηγήσει την κίνηση της Γης. Το βιβλίο αυτό προκάλεσε ιδιαίτερη εντύπωση στην ευρωπαϊκή επιστημονική κοινότητα και στον ίδιο τον Kepler.

πτωση της Γης, όπου η εκκεντρότητα είναι μικρή, να μην απέχει πολύ από την πραγματικότητα, δε συμβαίνει το ίδιο όμως για τους υπόλοιπους πλανήτες. Επομένως η βάση του συλλογισμού του είναι λανθασμένη. Το λάθος αυτό όμως εξουδετερώνεται με θαυμαστό τρόπο από ένα ακόμα λάθος που κάνει στη συνέχεια: μία επιφάνεια δεν ισούται με το άθροισμα ενός άπειρου αριθμού γειτονικών γραμμών, άρα η επιφάνεια που σαρώνει η επιβατική ακτίνα δεν είναι ίση με το άθροισμα των αποστάσεων. Ο συνδυασμός των δύο αυτών λαθών οδηγεί τελικά σε σωστό αποτέλεσμα!

Ο δεύτερος νόμος προσδιορίζει τις μεταβολές της ταχύτητας κατά μήκος της τροχιάς, αλλά όχι και την ίδια την τροχιά. Έτσι ο Kepler επανέρχεται στο τέταρτο βιβλίο της *Νέας Αστρονομίας* στο πρόβλημα που είχε καταλήξει σε αδιέξοδο στο τέλος του δεύτερου βιβλίου. Ξεκινά κάνοντας μία τελευταία προσπάθεια να αποδώσει στον Άρη μία κυκλική τροχιά, χωρίς όμως αποτέλεσμα. Έτσι είναι πλέον πεπεισμένος ότι η τροχιά δεν είναι κυκλική, αλλά έχει ένα ωοειδές σχήμα. Για πρώτη φορά μετά από κυριαρχία δύο χιλιάδων ετών ο κύκλος εγκαταλείπεται, γεγονός που βάζει τον Kepler σε νέες περιπέτειες. Μία τόσο ριζική μεταβολή πρέπει να έχει ισχυρή φυσική αιτία και ο Kepler προσπαθεί να εξηγήσει τη νέα καμπύλη φτάνοντας να χρησιμοποιήσει ακόμη και επίκυκλους (που είχε αποκηρύξει ήδη από την αρχή του έργου του), πάνω στους οποίους περιστρέφονται οι πλανήτες ωθούμενοι από μία εσωτερική δύναμη, αντίθετη προς αυτήν που προέρχεται από τον Ήλιο.

Η μάχη με το ωοειδές συνεχίζεται για αρκετά κεφάλαια του βιβλίου. Ο Kepler υπολογίζει αναρίθμητες αποστάσεις Ήλιου-Άρη για να προσδιορίσει ακριβώς την τροχιά και επαναλαμβάνει τη διαδικασία αυτή πολλές φορές. Όμως, όπως γράφει στο Longomontanus, δεν κατορθώνει να επιλύσει τα γεωμετρικά προβλήματα που προκύπτουν από το ωοειδές, αλλά «εάν το σχήμα δεν ήταν παρά μία τέλεια έλλειψη όλα τα προβλήματα θα είχαν επιλυθεί». Την έλλειψη τη χρησιμοποιεί αρκετές φορές ως προσεγγιστικό σχήμα για να διευκολύνει κάποιους υπολογισμούς, ωστόσο είναι τέτοια η εμμονή του με το ωοειδές που αδυνατεί να δει ότι η λύση βρίσκεται μπροστά του. Μετά από πολλές δοκιμές και πλήθος υπολογισμών ο Kepler καταλήγει τελικά, ακολουθώντας μία νέα πορεία, σε μία εξίσωση που περιγράφει την τροχιά του πλανήτη. Επρόκειτο για την εξίσωση της έλλειψης, ωστόσο στα χρόνια του Kepler δεν είχε αναπτυχτεί η αναλυτική γεωμετρία, έτσι ώστε να αναγνωρίσει ευθύς αμέσως τη ζητούμενη καμπύλη. Στην προσπάθειά του όμως να κατασκευάσει την καμπύλη που παριστά η εξίσωσή του, ο Kepler έκανε ένα γεωμετρικό λάθος, με αποτέλεσμα η καμπύλη που προέκυψε να μην είναι ικανοποιητική. Έτσι, απελπισμένος πλέον από τις συνεχείς αποτυχίες, εγκαταλείπει τις μέχρι τότε προσπάθειες και αποφασίζει να δοκιμάσει μία εντελώς νέα υπόθεση: να κατασκευάσει μία έλλειψη. Όταν τελικά έφτιαξε με διαφορετική γεωμετρική μέθο-

δο την έλλειψη, διαπίστωσε ότι επρόκειτο για την καμπύλη της εξίσωσής του. Έτσι κατέληξε στον *Πρώτο Νόμο* του, σύμφωνα με τον οποίο *η τροχιά την οποία διαγράφουν οι πλανήτες κατά την περιστροφή τους γύρω από τον Ήλιο είναι μία έλλειψη*.

Η σημασία της *Νέας Αστρονομίας* του Kepler είναι διττή. Από τη μία έχουμε την εγκατάλειψη του κύκλου ως σχήματος που περιγράφει τις κινήσεις στο σύμπαν μετά από κυριαρχία χιλιετιών μία μεταβολή που, αν και δημιούργησε πολλά προβλήματα, άνοιξε ωστόσο το δρόμο για τη θεωρία της βαρύτητας και τη μοντέρνα αστρονομία. Από την άλλη, οι νόμοι του Kepler (οι δύο πρώτοι που περιέχονται στην *Astronomia Nova* και ο τρίτος από τη *Harmonice Mundi*) δημιουργούν ένα νέο καθεστώς στη μελέτη της κίνησης των πλανητών. Για πρώτη φορά έχουμε τη χρήση γενικών νόμων και όχι μεθόδου. Ο Πτολεμαίος και ο Κοπέρνικος χρησιμοποιούσαν για να περιγράψουν την κίνηση των ουράνιων σωμάτων μία μέθοδο (έκκεντρος–εξισωτής ή έκκεντρος–επίκυκλος), η οποία προσαρμοζόταν στην κάθε περίπτωση ανάλογα με τις παρατηρήσεις του κάθε πλανήτη. Ο Kepler αντίθετα συνδέει τις κινήσεις των πλανητών μεταξύ τους, έτσι ώστε να είναι δυνατή η οικοδόμηση του συστήματος με τη χρήση απλώς των τριών νόμων και ορισμένων αρχικών παρατηρήσεων. Με τον τρόπο αυτό παύει πλέον να είναι απαραίτητη η προσαρμογή του μοντέλου για τον κάθε πλανήτη χωριστά, γεγονός που θα αλλάξει ριζικά την πρακτική των αστρονόμων.

#### 4.4.1.3 Harmonice Mundi

Η *Αρμονία του Κόσμου*<sup>[41]</sup> είναι ουσιαστικά η συνέχεια του *Mysterium Cosmographicum* και το αποκορύφωμα της αναζήτησης από τον Kepler της δομής του σύμπαντος. Στο έργο αυτό (το πιο αγαπημένο του, όπως δήλωνε) ο Kepler προσπαθεί να αποκαλύψει το μυστικό της Δημιουργίας με μία καθολική σύνθεση γεωμετρίας, μουσικής, αστρονομίας, αστρολογίας και επιστημολογίας, την πρώτη ουσιαστικά αλλά και την τελευταία προσπάθεια αυτού του είδους από την εποχή του Πλάτωνα.

[41] Πλήρης τίτλος: *Harmonices Mundi libri V*. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειώσουμε ότι στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει διχογνωμία σχετικά με την ακριβή μετάφραση του τίτλου αυτού. Το πρόβλημα εστιάζεται στο τελικό s και στη διαφορά ανάμεσα στα ουσιαστικά «αρμονία» και «αρμονική». Έτσι στην αγγλική βιβλιογραφία συναντάμε τις μεταφράσεις *Harmonics of the World* (Αρμονικές του Κόσμου), *Harmonies of the World* (Αρμονίες του Κόσμου) και *Harmony of the World* (Αρμονία του Κόσμου), ενώ οι Γερμανοί συγγραφείς συγκλίνουν στη μετάφραση *Weltharmonik* (Αρμονική του Κόσμου). Η τελευταία φαίνεται να είναι και η ακριβέστερη, τουλάχιστον ετυμολογικά, αφού το μεν τελικό s δηλώνει γενική και όχι πληθυντικό, το δε «harmonic» προέρχεται από την αρχαία ελληνική λέξη «αρμονική», η οποία περιέγραφε για τους αρχαίους Έλληνες τη θεωρία της μουσικής ως μία θεωρία μαθηματικών αναλογιών. Ωστόσο ο όρος «αρμονική» δεν είναι δόκιμος σήμερα και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε τη μετάφραση *Αρμονία του Κόσμου*, η οποία αποδίδει κατά την άποψή μας καλύτερα τόσο το περιεχόμενο του συγκεκριμένου βιβλίου, όσο και την προσπάθεια του Kepler να ανακαλύψει την ουράνια αρμονία. Ευχαριστώ τον κ. Δ. Πρέντζα γι' αυτές του τις παρατηρήσεις.

Ο Kepler δούλευε πάνω στη *Harmonice Mundi* ήδη από την εποχή της γνωριμίας του με τον Brahe. Δεν την ολοκλήρωσε όμως παρά μόνο το 1618, ενώ η εκτύπωση του κειμένου έγινε τον επόμενο χρόνο στο Linz. Το έργο αποτελείται από πέντε βιβλία, από τα οποία τα δύο πρώτα πραγματεύονται την έννοια της αρμονίας στο χώρο των μαθηματικών, ενώ τα υπόλοιπα τρία ασχολούνται με την εφαρμογή της έννοιας αυτής στη μουσική, στην αστρολογία και, τέλος, στην αστρονομία.

Για τον Kepler το σύμπαν είναι σαφώς σφαιρικό και ηλιοκεντρικό, σχήμα το οποίο συμβολίζει την Αγία Τριάδα: Ο Πατέρας (Ήλιος) βρίσκεται στο κέντρο, ο Υιός (σφαίρα των απλανών) στην περιφέρεια και το Άγιο Πνεύμα διάχυτο ανάμεσα στους δύο (φορέας της *anima motrix*). Ο Θεός, ως Μέγας Γεωμέτρης, δε θα μπορούσε παρά να επιλέξει να δομήσει το σύμπαν ακολουθώντας τις αρχές της γεωμετρίας. Έτσι έχουμε έξι πλανήτες και στις συγκεκριμένες αποστάσεις, αφού (όπως έδειξε στο *Mysterium Cosmographicum*) υπάρχουν μόνο πέντε τέλεια στερεά.

Ωστόσο ο Θεός μπορεί να είναι Μέγας Γεωμέτρης, αλλά δεν είναι απλά ένας αρχιτέκτονας. Το σύμπαν μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου, κινείται, επομένως δεν αρκούν οι καθαρά γεωμετρικές περιγραφές του, αλλά χρειάζονται αρμονικές σχέσεις για να ληφθεί υπόψη και ο χρόνος. Για το λόγο αυτό άλλωστε ο Θεός, ως Μέγας Μουσικός, επέλεξε την έλλειψη και όχι τον κύκλο (που θα ταίριαζε σε ένα στατικό σύμπαν) για τις τροχιές των πλανητών. Ο πλανήτης που θα κινούνταν σε κύκλο θα εξέπεμπε ένα μόνο τόνο, ενώ η έλλειψη (μεταβάλλοντας τις αποστάσεις και τις ταχύτητες) παρέχει τη δυνατότητα μεγαλύτερης ποικιλίας και τη σύνθεση με τον τρόπο αυτό μίας ουράνιας μουσικής.

Με το συλλογισμό αυτό ο Kepler καταλήγει στο συμπέρασμα ότι κάθε πλανήτης παράγει κατά την κίνησή του κάποιες νότες, ένα μουσικό διάστημα. Το ερώτημα που προκύπτει τώρα είναι από τι εξαρτάται η μουσική αυτή. Οι αρχικές σκέψεις σχετικά με την απόσταση από τον Ήλιο και την τροχιακή ταχύτητα των πλανητών απορρίπτονται μετά από δοκιμές και υπολογισμούς και τότε ο Kepler συνειδητοποιεί ότι ο Θεός δε θα έφτιαχνε ένα τέτοιο σύστημα χωρίς να υπάρχει κάποιος να το ενατενίσει και ο οποίος δε θα μπορούσε παρά να βρίσκεται στον Ήλιο ή να είναι ο ίδιος ο Ήλιος. Άρα η αρμονία των πλανητών έχει ως σημείο αναφοράς τον Ήλιο. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο σκέψης, δε φαίνεται ιδιαίτερα παράλογο να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η μουσική κάθε πλανήτη εξαρτάται από τη γωνιακή ταχύτητά του όπως αυτή φαίνεται από τον Ήλιο.

Για να υπολογίσει τώρα το μουσικό διάστημα στο οποίο κινείται κάθε πλανήτης, ο Kepler διαιρεί τη γωνιακή ταχύτητα στο αφήλιο της τροχιάς (όπου είναι ελάχιστη) με

αυτή στο περιήλιο (όπου είναι μέγιστη). Ο λόγος που προκύπτει δίνει τη μουσική κλίμακα του πλανήτη.<sup>[42]</sup> Τα αποτελέσματα των υπολογισμών φαίνονται στον Πίνακα Β.

### Πίνακας Β

*Γωνιακές ταχύτητες στο αφήλιο και το περιήλιο και οι προκύπτουσες κλίμακες*

Κρόνος	1'46" 2'15"	$\frac{1'48''}{2'15''} = \frac{4}{5}$	τρίτη μείζων
Δίας	4'30" 5'30"	$\frac{4'35''}{5'30''} = \frac{5}{6}$	τρίτη ελάσσων
Άρης	26'14" 38'1"	$\frac{25'21''}{38'1''} = \frac{2}{3}$	πέμπτη
Γη	57'3" 61'18"	$\frac{57'28''}{61'18''} = \frac{15}{16}$	μείζων ημιτόνιο <sup>[43]</sup>
Αφροδίτη	94'50" 97'37"	$\frac{94'50''}{98'47''} = \frac{24}{25}$	έλασσον ημιτόνιο
Ερμής	164'0" 384'0"	$\frac{164'0''}{394'0''} = \frac{5}{12}$	οκτάβα + τρίτη ελάσσονα

Για να προσδιορίσει ακολούθως την οκτάβα στην οποία ανήκει το μουσικό διάστημα κάθε πλανήτη, χρησιμοποιεί αυτήν που περιέχει τις νότες του Κρόνου ως βάση και υποδιπλασιάζει<sup>[44]</sup> τη μέγιστη και ελάχιστη γωνιακή ταχύτητα (στο περιήλιο και αφήλιο, αντίστοιχα) κάθε πλανήτη τόσες φορές, ώστε ο τελικός λόγος τους να είναι μικρότερος από  $\frac{1}{2}$ . Με άλλα λόγια διαιρεί τις ταχύτητες με κατάλληλη δύναμη του 2, έτσι ώστε το πηλίκο να είναι μικρότερο από το διπλάσιο των αντίστοιχων ταχυτήτων του Κρόνου. Ο εκθέτης του 2 που προκύπτει δηλώνει πόσες οκτάβες πάνω από αυτήν του Κρόνου βρίσκονται οι νότες κάθε πλανήτη. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών αυτών φαίνονται στον Πίνακα Γ.

[42] Όπως είχαν δείξει οι Πυθαγόρειοι, η κάθε κλίμακα προκύπτει από παλλόμενα μέρη χορδής, τα οποία έχουν συγκεκριμένες αναλογίες μεταξύ τους. Για παράδειγμα, η οκτάβα προκύπτει από την αναλογία  $\frac{1}{2}$ .

[43] Το μείζον ημιτόνιο (μι – φα) που προκύπτει για τη Γη δίνει στον Kepler την ευκαιρία να σημειώσει ότι είναι και το πιο κατάλληλο, διότι «δεν είναι η μιζέρια (Miseria) και ο λιμός (Fames) ο κλήρος μας πάνω στη Γη;».

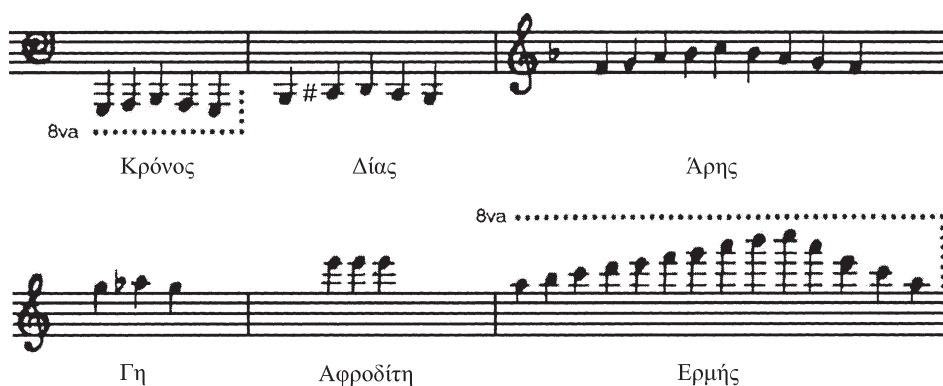
[44] Η οκτάβα παράγεται από το λόγο  $\frac{1}{2}$ .

### Πίνακας Γ

Υπολογισμός της οκτάβας κάθε πλανήτη

ταχύτητα	του Κρόνου	στο	Αφήλιο	διά	$2^0$	=	1'46"
			Περιήλιο		$2^0$	=	2'15"
»	του Δία	»	Αφήλιο	»	$2^1$	=	2'15"
			Περιήλιο		$2^1$	=	2'45"
»	του Άρη	»	Αφήλιο	»	$2^3$	=	3'17"
			Περιήλιο		$2^4$	=	2'23"
»	της Γης	»	Αφήλιο	»	$2^5$	=	1'47"
			Περιήλιο		$2^5$	=	1'55"
»	της Αφροδίτης	»	Αφήλιο	»	$2^5$	=	2'58"
			Περιήλιο		$2^5$	=	3'3"
»	του Ερμή	»	Αφήλιο	»	$2^6$	=	2'34"
			Περιήλιο		$2^7$	=	3'0"

Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι, εάν η νότα του Κρόνου στο αφήλιο είναι η σολ, τότε η χαμηλότερη νότα της Γης θα είναι επίσης η σολ (διότι, για τις ταχύτητες στις οποίες αντιστοιχούν, είναι  $1'46'' \cong 1'47''$ ), που βρίσκεται όμως πέντε οκτάβες ψηλότερα. Με τον ίδιο τρόπο βρίσκει ο Kepler και τις υπόλοιπες νότες των πλανητών και, λαμβάνοντας υπόψη τις κλίμακες του Πίνακα Β, καταλήγει στο πεντάγραμμα που, σε σύγχρονη απόδοση, φαίνεται στην Εικόνα 1.<sup>[45]</sup>



### Εικόνα 4.1

Οι νότες που προκύπτουν για κάθε πλανήτη και η οκτάβα στην οποία βρίσκονται. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι το ζήτημα που αφορά στις νότες των πλανητών και τη σύγχρονη μεταγραφή τους είναι αρκετά περίπλοκο, ώστε να μπορεί να εξαντληθεί σε ένα πεντάγραμμα και σαφώς ξεφεύγει από το αντικείμενο του βιβλίου τούτου. Η εικόνα 4.1 αποτελεί απλώς την πλησιέστερη στην πραγματικότητα περιγραφή που μπορεί να δοθεί με συνοπτικό τρόπο.

[45] Από το πεντάγραμμα αυτό προκύπτει πλήθος πληροφοριών, όπως η εκκεντρότητα των πλανητών (η σχεδόν κυκλική τροχιά της Αφροδίτης σε αντίθεση με τη μεγάλη εκκεντρότητα του Ερμή), ενώ είναι εμφανές το χάσμα ανάμεσα στον Άρη και το Δία (ο χώρος των αστεροειδών).

Οι αρμονίες του Κεπλερ, το βασικό αντικείμενο του βιβλίου, δεν είχαν καμία σχέση με την πραγματικότητα. Συνιστούν όμως ένα πραγματικά αξιοθαύμαστο οικοδόμημα, το οποίο επισκίασε την ουσιαστική ανακάλυψη που περιέχεται στο *Harmonice Mundi* και είναι ο επονομαζόμενος τρίτος νόμος του Κεπλερ, ο οποίος εμφανίζεται ως Πρόταση Νο 8 στο τρίτο κεφάλαιο του πέμπτου βιβλίου, το οποίο έχει τον τίτλο «*Οι Απαιτούμενες για την Έρευνα των Ουράνιων Αρμονιών Κυριότερες Αστρονομικές Προτάσεις*». Στο ίδιο κεφάλαιο αναφέρεται και ο πρώτος νόμος, ενώ ο δεύτερος αντικαθίσταται από το νόμο των ταχυτήτων. Όπως προκύπτει, ο ίδιος ο Κεπλερ δε θεωρούσε ιδιαίτερα σημαντικούς τους τρεις νόμους του, αλλά τους αντιμετώπιζε ως μαθηματικά εργαλεία, πιθανόν όχι εντελώς ορθά, που τον βοηθούσαν να προσεγγίσει την ουράνια αρμονία και να ερμηνεύσει τις σκέψεις του Δημιουργού. Ποτέ δε συσχέτισε τις τρεις αυτές προτάσεις και προφανώς δεν αντιλήφθηκε τη σημασία τους<sup>[46]</sup>.

Ο τρίτος νόμος λέει πως τα τετράγωνα των περιόδων περιφοράς δύο οποιωνδήποτε πλανητών είναι ανάλογα προς τους κύβους των μεγάλων ημιαξόνων της τροχιάς τους, δηλαδή

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3$$

Ο Κεπλερ κατέληξε στο νόμο αυτό μετά από μία σειρά υπομονετικών και εξαντλητικών δοκιμών. Όπως γράφει ο ίδιος, πρωτοσκέφτηκε τον τύπο αυτό στις 8 Μαρτίου του 1618, αλλά ένα υπολογιστικό λάθος κατά την επαλήθευση οδήγησε στην απόρριψή του. Στις 15 Μαΐου όμως επανέρχεται, οπότε και διαπιστώνει τη συμφωνία των αποτελεσμάτων που δίνει με τις παρατηρήσεις του Brahe.

Χρησιμοποιώντας το νόμο αυτό προβαίνει στη συνέχεια σε υπολογισμούς των λόγων των ταχυτήτων και των αποστάσεων των πλανητών, τα αποτελέσματα των οποίων συμφωνούν με τα νούμερα που προκύπτουν από το μοντέλο των τέλειων στερεών, γεγονός που εκλαμβάνεται, όπως είναι φυσικό, ως επιβεβαίωση της αλήθειας της θεωρίας του. Ο Κεπλερ είναι πλέον σίγουρος ότι έχει φτάσει στο τέλος της αποστολής του. Έχει αποδείξει ότι το σύμπαν δομείται σύμφωνα με το μοντέλο των τέλειων στερεών, ενώ οι επιμέρους λεπτομέρειες ρυθμίζονται από τις αρμονίες. Ωστόσο έχει επίγνωση του πόσο περίεργα ακούγονται όσα υποστηρίζει στο βιβλίο του και ότι έρχονται σε πλήρη σύγκρουση με την παράδοση αιώνων. Αυτό όμως δεν τον απασχολεί, αφού κατόρθωσε να αποκαλύψει το ύστατο μυστικό της Δημιουργίας. Είναι χαρακτηριστικό το ακόλουθο απόσπασμα από τον πρόλογο του πέμπτου βιβλίου:

[46] Κάποτε ο Κεπλερ είπε αναφερόμενος στον Κοπέρνικο και το ηλιοκεντρικό σύστημά του ότι «δεν ήξερε πόσο πλούσιος ήταν», μία φράση που ταιριάζει απόλυτα και στον ίδιο τον Κεπλερ.



«Από τη στιγμή που αντίκρισα τον Ήλιο τίποτα δε με κρατά. Είμαι ελεύθερος να παραδοθώ σε ιερό παραλήρημα, να προκαλέσω τους θνητούς με την ειλικρινή εξομολόγηση ότι κλέβω τα χρυσά σκεύη των Αιγυπτίων για να φτιάξω με αυτά ένα ναό για τον Κύριό μου, μακριά από την Αίγυπτο. Εάν με συγχωρήσετε, θα αγαλλιάσω. Εάν θυμώσετε, θα το υποστώ. Ο κύβος ερρίφθη. Το βιβλίο μου γράφτηκε και θα διαβαστεί είτε από τους συγχρόνους μου, είτε από αυτούς που θα ακολουθήσουν. Μπορεί να περιμένει και εκατό χρόνια για να βρει έναν αναγνώστη. Και ο Θεός δεν περίμενε έξι χιλιάδες χρόνια για κάποιον να ενατενίσει το έργο Του;»

## Σύνοψη

Στην πρώτη υποενότητα παρουσιάστηκε το γεωκεντρικό σύστημα του Κλαύδιου Πτολεμαίου, όπως περιγράφεται στο σημαντικότερο αστρονομικό του έργο, τη *Μεγίστη Μαθηματική Σύνταξη* ή αλλιώς *Αλμαγέστη*. Το σύστημα του Πτολεμαίου αποτελεί ουσιαστικά το συγκερασμό των απόψεων των Ελλήνων αστρονόμων της αρχαιότητας στην τελειότερη και πληρέστερη μορφή του. Στηρίζεται στην περιγραφή των κινήσεων των πλανητών με χρήση μαθηματικών εργαλείων, χωρίς να ασχολείται με τη φυσική πραγματικότητα και τα αίτια των κινήσεων, έχοντας τυπικά ως φυσικό υπόβαθρό του τον αριστοτελισμό. Στην υποενότητα αυτή είδαμε κάποια στοιχεία για τη ζωή του Πτολεμαίου, μία γενική περιγραφή των περιεχόμενων της *Αλμαγέστης* και το γενικό μοντέλο του γεωκεντρικού συστήματος. Στη δεύτερη υποενότητα περιγράφηκε το σύστημα που παρουσίασε ο Νικόλαος Κοπέρνικος το 16ο αιώνα. Ο Κοπέρνικος, ορμώμενος από φιλοσοφικές και αισθητικές αντιρρήσεις σχετικά με το πτολεμαϊκό μοντέλο, καταλήγει σε ένα ηλιοκεντρικό σύστημα, το οποίο φαίνεται στη γενική του μορφή αρκετά απλούστερο. Στις λεπτομέρειές του όμως περιπλέκεται ιδιαίτερα, χωρίς να υπερτερεί σε ακρίβεια από το γεωκεντρικό, γεγονός που επιβαρύνεται και από το μη ικανοποιητικό φυσικό του υπόβαθρο, το οποίο είναι ένα ανεπιτυχές μείγμα αριστοτελισμού και πλατωνισμού. Το *De Revolutionibus* ωστόσο αποτελεί την πρώτη ουσιαστικά οργανωμένη και πλήρη έκφραση του ηλιοκεντρισμού και, χωρίς το ίδιο να είναι επαναστατικό, προκάλεσε μία ολόκληρη επανάσταση στην αστρονομία. Στην ενότητα είδαμε τη ζωή του Κοπέρνικου, τα περιεχόμενα του *De Revolutionibus* και μία γενική περιγραφή του μοντέλου. Στην τελευταία υποενότητα ασχοληθήκαμε με το Γιοχάννες Κεπλερ. Ο Κεπλερ, ξεκινώντας από τη βαθιά του πεποίθηση στην ορθότητα του ηλιοκεντρικού συστήματος αλλά και στις νεοπλατωνικές αντιλήψεις του, ασχολείται με το ηλιοκεντρικό σύστημα, ψάχνοντας όμως να βρει τα φυσικά αίτια που διέπουν την κίνηση των πλανητών και τη μορφή του σύμπαντος. Η αναζήτησή

του αυτή τον οδηγεί τελικά, μέσα από όχι πάντα ευθύγραμμες διαδρομές, στη διατύπωση των τριών νόμων του και στην εισαγωγή των εννοιών της δύναμης και της βαρύτητας. Στην ενότητα αυτή περιγράφηκε η ζωή του Kepler και το περιεχόμενο των τριών σημαντικότερων αστρονομικών βιβλίων του, όπου και αναπτύσσονται οι τρεις νόμοι και το δυναμικό υπόβαθρο του συστήματός του.

## Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης

1. Να μελετήσετε το μοντέλο του πτολεμαϊκού συστήματος και να προσπαθήσετε να κατασκευάσετε την τροχιά που προκύπτει από το συνδυασμό των κυκλικών κινήσεων.
2. Αποτελεί η χρήση του εξισωτή παραποίηση της αρχής της ομαλής κυκλικής κίνησης;
3. Ποιο το φυσικό υπόβαθρο του πτολεμαϊκού συστήματος;
4. Τελικά, είναι ο Πτολεμαίος αριστοτελικός;
5. Ποιες φιλοσοφικές επιδράσεις έχει δεχτεί το έργο του Κοπέρνικου;
6. Ποιο το φυσικό υπόβαθρο του κοπερνίκειου συστήματος;
7. Να συγκρίνετε τις εξηγήσεις της ανάδρομης κίνησης των πλανητών και της περιορισμένης απομάκρυνσης των εσωτερικών πλανητών από τον Ήλιο που δίνουν ο Κοπέρνικος και ο Πτολεμαίος.
8. Ο Κοπέρνικος απλοποίησε ή περιέπλεξε, σε σχέση με τον Πτολεμαίο, την κίνηση των πλανητών;
9. Θεωρείτε ότι το *De Revolutionibus* είναι ένα επαναστατικό βιβλίο; Πώς δικαιολογείτε τον όρο Κοπερνίκεια Επανάσταση;
10. Ποια τα νεοπλατωνικά στοιχεία της σκέψης του Kepler;
11. Ποιο το φυσικό υπόβαθρο του πλανητικού μοντέλου του Kepler;
12. Σχολιάστε την πορεία του Kepler (και μαζί ολόκληρης της επιστήμης) από τον κόσμο του «περίπου» στο σύμπαν της ακρίβειας.
13. Να συγκρίνετε τον τρόπο γραφής του Kepler με αυτόν των Πτολεμαίου και Κοπέρνικου.
14. Τελικά, πόσο πλατωνικό είναι το μοντέλο στο οποίο κατέληξε ο Kepler;

## Δραστηριότητες

1. Να συγκρίνετε το πτολεμαϊκό σύστημα με την αριστοτέλεια φυσική και να εντοπίσετε τις αντιφάσεις που υπάρχουν μεταξύ τους.
2. Διαπιστώστε τη σχέση της ανάλυσης Fourier με το σύστημα των φέροντων κύκλων και επικύκλων. Είναι επιτρεπτή η χρήση των συμπερασμάτων που προκύπτουν στην ανακατασκευή της ιστορίας της αστρονομίας;
3. Επειδή προφανώς πρώτα ο ίδιος ο Κοπέρνικος είχε πλήρη αίσθηση των δυσκολιών τη θεωρίας του, τι είδους απαντήσεις έδωσε στις διάφορες αντιρρήσεις; Πώς από την αδυναμία να βρεθεί μία μη μηδενική τιμή για την αστρική παράλλαξη καταλήγουμε στο ότι το σύμπαν είναι άπειρο;
4. Ανατρέξτε στο πρώτο βιβλίο του *De Revolutionibus* και διερευνήστε εάν ο Κοπέρνικος ήταν όντως πεπεισμένος για τη φυσική πραγματικότητα του συστήματός του.
5. Να συγκρίνετε τις τροχιές που προκύπτουν από τα μοντέλα του Πτολεμαίου και του Κοπέρνικου.
6. Διαβάστε τον πρόλογο του Oslander και σχολιάστε την άποψη περί του «σώζειν τα φαινόμενα».



## Στοιχεία από την Ιστορία της Χημείας

### Σκοπός

Ο βασικός στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι να κατανοηθεί η συγκρότηση της σύγχρονης χημείας μέσα, ουσιαστικά, από την επίλυση του προβλήματος της καύσης. Σκοπός μας όμως είναι να καταλάβουμε πώς οι φυσικοί και οι χημικοί πριν από το Lavoisier κατανοούσαν το πρόβλημα της καύσης και γιατί οι λύσεις που είχαν δώσει ήταν απολύτως συνεπείς με αυτά που γνώριζαν τότε. Σε αντίθεση με αυτά που έχουμε μελετήσει στα δύο προηγούμενα κεφάλαια, η εξέλιξη της χημείας οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στα πειράματα, στα νέα φαινόμενα που είχαν εντοπιστεί στα εργαστήρια και στη συστηματική συλλογή πληροφοριών και μετρήσεων που οδηγούσε στη διατύπωση κανόνων, χωρίς να υπάρχει η θεωρητική τους αιτιολόγηση. Αυτή γίνεται στις αρχές του 19ου αιώνα με την ατομική υπόθεση του Dalton.

### Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Η μελέτη του συγκεκριμένου κεφαλαίου θα σας δώσει τη δυνατότητα να:

- μάθετε για τα πρώτα θερμομέτρα και για το τι ακριβώς μετρούσαν,
- διαβάσετε για τη διαφορά ανάμεσα στη θερμοκρασία και τη θερμότητα και να αποσαφηνίσετε την έννοια της «ποσότητας της θερμότητας»,
- συζητήσετε τα πειράματα μέσα από τα οποία αναδείχτηκε το χαρακτηριστικό των σωμάτων που ονομάζουμε λανθάνουσα θερμότητα των σωμάτων και η θερμοχωρητικότητα τους,
- κατανοήσετε τη θεωρία του φλογιστού, που αποτελεί και την πρώτη συστηματική θεωρία για την καύση,
- επικεντρωθείτε στα πειράματα μέσα από τα οποία απομονώθηκαν διάφορα αέρια,
- μελετήσετε τον τρόπο με τον οποίο ο Lavoisier ανέτρεψε τη θεωρία του φλογιστού,
- διερευνήσετε τις απαρχές της σύγχρονης ατομικής θεωρίας.

### Έννοιες κλειδιά

- |                             |                          |
|-----------------------------|--------------------------|
| • θερμοκρασία και θερμότητα | • αβαρή ρευστά           |
| • λανθάνουσα θερμότητα      | • φλογιστό               |
| • θερμοχωρητικότητα         | • σταθεροποιημένος αέρας |

- αποφλογιστικοποιημένος αέρας
- φλογιστικοποιημένος αέρας
- άτομα

### Εισαγωγικές παρατηρήσεις

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία ανασκόπηση του προβληματισμού που σχετίζεται με τη θερμοκρασία και τη θερμότητα και περιγράφονται οι προσπάθειες των φυσικών φιλοσόφων να καταλάβουν τι ακριβώς μετράει το θερμόμετρο. Η διερεύνηση του χαρακτήρα της ποσότητας της θερμότητας οδήγησε σε μία εξαιρετικά γόνιμη έννοια: τα αβαρή ρευστά, που η μόνη τους ιδιότητα ήταν να μεταφέρουν μία συγκεκριμένη ιδιότητα και να μην έχουν καμία υλική υπόσταση. Τα ερμηνευτικά σχήματα που συγκροτήθηκαν με βάση αυτή την έννοια οδήγησαν σε ιδιαίτερα συνεπείς περιγραφές των θερμικών φαινομένων (όπως και των ηλεκτρικών φαινομένων). Έτσι έγινε δυνατή η ανάδειξη χαρακτηριστικών όπως της θερμοχωρητικότητας και της λανθάνουσας θερμότητας των σωμάτων. Η καύση των σωμάτων θεωρήθηκε πως ήταν η διαδικασία με την οποία απελευθερώνονταν το φλογιστό που περιείχαν. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο στην ιστορία της χημείας είναι η ανακάλυψη ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας αποτελούνταν από πολλά ήδη αερίων. Τα πειράματα του Hales, του Black, του Priestley, του Cavendish, αλλά και του Lavoisier με τα διαφορετικά αέρια οδήγησαν στην ανακάλυψη του σταθεροποιητικού αέρα, του φλογιστικοποιημένου αέρα (άζωτο), του αποφλογιστικοποιημένου αέρα (οξυγόνο) αλλά και του υδρογόνου. Ο Lavoisier, μέσα από τη μελέτη της καύσης των μετάλλων και την οξειδωσή τους, ανέτρεψε την ισχύουσα θεωρία καύσης και πρότεινε πως είναι αποτέλεσμα της απορρόφησης του οξυγόνου. Ένα από τα θέματα που θα πρέπει να προσεχτεί στην ιστορία της χημείας είναι ο αποφασιστικός ρόλος των μετρήσεων πολύ μεγάλης ακρίβειας, που έκαναν δυνατή την ανάδειξη διάφορων κανόνων (και τους οποίους πολλοί ονόμασαν και νόμους). Η διατύπωση της ατομικής υπόθεσης ήταν και μία προσπάθεια για να κατανοηθεί το υπόβαθρο αυτών των κανόνων, αλλά και από την ατομική υπόθεση προέκυψε η δυνατότητα μέτρησης των ατομικών βαρών.

## 5.1 Ο 18ος αιώνας

Η μελέτη της ιστορίας των επιστημών στη διάρκεια του 18ου αιώνα παρουσιάζει πολλαπλό ενδιαφέρον. Είναι μία περίοδος στη διάρκεια της οποίας ξετυλίγεται το νευτώνειο πρόγραμμα, τα μαθηματικά γνωρίζουν μεγάλη άνθηση και επιτελούνται με συστηματικό τρόπο πειράματα που είτε επιβεβαιώνουν προβλέψεις της νευτώνειας θεωρίας είτε διερευνούν φαινόμενα που ακόμη δεν είχαν ενταχτεί στο πλαίσιο της νέας φυσικής, όπως τα φαινόμενα του ηλεκτρισμού και κυρίως της θερμότητας. Μετά τα μέσα του αιώνα αρχίζουν οι μεγάλες μαθηματικές συνθέσεις που καταλήγουν στο έργο του Laplace, *Η Ουράνια Μηχανική*. Οι επιτυχίες όμως της νευτώνειας φυσικής και τα εντυπωσιακά αποτελέσματα του γενικότερου προγράμματος μαθηματοποίησης θα δημιουργήσουν την αίσθηση ότι η όποια νέα επιστήμη, ή ορθότερα, η όποια προσπάθεια μελέτης άλλων φαινομένων θα πρέπει να ακολουθεί την ίδια δομή με τη φυσική: να αρχίζει με υποθέσεις που φαίνονται προφανείς, να μη βασίζεται σε μεταφυσικές παραδοχές, να διατυπώνει νόμους και να δίνει τη δυνατότητα ποσοτικοποίησης ή έστω κάποιας μέτρησης ως στοιχείο που θα συμβάλλει στην ενίσχυση της εγκυρότητάς της. Η χημεία, η ιατρική, η φυσική ιστορία ακολουθούν το επιστημολογικό πρότυπο της φυσικής, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι επιστήμες αυτές δεν αναπτύσσουν τις δικές τους ιδιαιτερότητες. Η επιστήμη, με την αποτελεσματικότητα και τον ορθολογισμό της, γίνεται το κυρίαρχο μοντέλο και για τη διακυβέρνηση της κοινωνίας, η γνώση για τη φύση, που στην αρχή στόχευε στην κατανόηση της φύσης και την απελευθέρωση από την μεταφυσική, μετατρέπεται βαθμιαία σε γνώση για τον έλεγχο της φύσης. Ήταν τόση η γοητεία που ασκούσε η επιστήμη και τόση η βεβαιότητα ότι η νέα επιστήμη θα μπορέσει να βρει λύσεις σε όλα τα τεχνικά και κοινωνικά προβλήματα, ώστε να διατυπώνονται απόψεις και να καθιερώνονται τρόποι για τη διακυβέρνηση των κοινωνιών και τη συγκρότηση των θεσμών της (με προεξέχουσα τη νομική) με βάση το μοντέλο της επιστήμης. Ο,τιδήποτε χρειαζόταν μεταρρύθμιση είχε σαν σημείο αναφοράς την επιστήμη.

Η κυριαρχία του νευτώνειου μοντέλου λειτουργεί καταλυτικά για τη διαμόρφωση νέων απόψεων για τη φύση και τη θέση του ανθρώπου σε αυτήν. Ολοένα και περισσότερο η κατανόηση της λειτουργίας της φύσης ενισχύει την αίσθηση του ελέγχου και της κυριαρχίας της φύσης από τους ανθρώπους. Η φύση που τρώμαζε τους ανθρώπους με τις μη προβλέψιμες συμπεριφορές της αρχίζει να γίνεται λιγότερο απειλητική στη συνείδηση των ανθρώπων. Αλλά ταυτοχρόνως ενισχύεται και η αίσθηση πως μπορεί να αυξηθεί η εκμετάλλευσή της, που θα οδηγήσει σε περισσότερα αγαθά για περισσότερους ανθρώπους.

Μαζί με αυτή την αίσθηση της βαθμιαίας απελευθέρωσης του ανθρώπου από τα

«δεσμά» της φύσης διαμορφώνεται και το αίτημα της απελευθέρωσης των ανθρώπων από κάθε είδους δεσμά και το αίτημα της ελευθερίας και ισότητας ανάμεσα σε όλους τους ανθρώπους. Οι ιστορικοί έχουν μελετήσει διεξοδικά αυτό το συσχετισμό ανάμεσα στις νέες επιστημονικές ιδέες και στα νέα κοινωνικά και πολιτικά αιτήματα. Οι μελέτες αυτές δε στοχεύουν βέβαια να εντοπίσουν τις αιτιακές σχέσεις ανάμεσα στις επιστημονικές ιδέες και τις ιδεολογικές και κοινωνικές ανακατατάξεις. Κάτι τέτοιο θα οδηγούσε σε μία εντελώς αδιέξοδη και μηχανιστική αντίληψη της πορείας των νέων ιδεών στη διάρκεια του 18ου αιώνα. Αντιθέτως, οι μελέτες αυτές ανέδειξαν τους συσχετισμούς, τη διαλεκτική συνύπαρξη της νέας επιστήμης και των νέων κοινωνικών αιτημάτων και τους τρόπους αλληλοεπηρεασμού τους. Την περίοδο αυτή ελάχιστες είναι οι περιπτώσεις των επιστημόνων —ή φυσικών φιλοσόφων, όπως ακόμη ήταν γνωστοί— οι οποίοι παράλληλα με την ερευνητική τους δραστηριότητα να μην έχουν και μία πολιτική ατζέντα. Η τόσο έντονη πολιτικοποίησή τους —και όχι μόνο στη Γαλλία— σχετιζόταν με τη συνείδηση που είχαν οι ίδιοι για το επιστημονικό τους έργο, το οποίο θεωρούσαν ότι είναι καθολικό και ταυτοχρόνως ευεργετικό. Ο Γάλλος μαθηματικός Jean Lerond d' Alembert (1717–1783), το σημαντικότερο άτομο μετά τον Denis Diderot (1713–1784) στην περίφημη *Encyclopedié*, ισχυριζόταν ότι, εάν κάποιος μπορούσε να εισαγάγει μαθηματικούς στην Ισπανία η επίδραση της καθαρής, ορθολογικής τους σκέψης θα διαδιδόταν μέχρι να κλονίσει την Ιερά Εξέταση!

Η διάδοση και εκλαΐκευση των νέων επιστημονικών γνώσεων αποτελούν πλέον αναπόσπαστο τμήμα της πολιτικής ατζέντας των φυσικών φιλοσόφων. Ανάμεσα στα πολλά βιβλία και φυλλάδια που γράφονται, ξεχωρίζει ένα γιγάντιο έργο που για πολλούς συμβολίζει με μοναδικό τρόπο το Διαφωτισμό. Είναι η *Εγκυκλοπαίδεια*. Η *Encyclopedié, ou dictionnaire raisonne des sciences, des arts et des metiers, par une societe de gens de lettres* (*Εγκυκλοπαίδεια*, ή συστηματικό λεξικό, εκδιδόμενο από μια εταιρεία ανθρώπων των γραμμάτων) άρχισε να εκδίδεται το 1751 και ο τελευταίος, ο δέκατος έβδομος τόμος με κείμενα και ο ενδέκατος με εικόνες, ολοκληρώθηκε το 1772. Ψυχή του εγχειρήματος ο Denis Diderot και ο οποίος —παρά τη φυλάκισή του για μία περίοδο και τις υλικές δυσκολίες που αντιμετώπισε— κατάφερε να ολοκληρώσει την έκδοση. Ο Francis Bacon σχεδόν ενάμιση αιώνα νωρίτερα, ήταν ο πρώτος που είχε προτείνει τη δημιουργία ενός λεξικού, στο οποίο θα ήταν συγκεντρωμένη η πρακτική γνώση και οι τεχνικές που κατείχαν μόνο οι τεχνίτες των αντίστοιχων επαγγελμάτων. Οι πρώτοι επιμελητές της *Εγκυκλοπαίδειας* ήταν ο Diderot και ο διακεκριμένος μαθηματικός D' Alembert, μέλος αργότερα της Ακαδημίας των Επιστημών και ο οποίος θα είχε την ευθύνη συγγραφής των επιστημονικών άρθρων.



Όταν φυλακίστηκε ο Diderot για την *Επιστολή προς τυφλούς*, ο d'Alembert δήλωνε πως δεν ήταν διατεθειμένος να αναλάβει την ευθύνη ολόκληρου του έργου. Παραιτείται το 1758, μετά τη δεύτερη και σοβαρότερη αναστολή της άδειας για την έκδοση, και ο Diderot αναλαμβάνει να φέρει σε πέρας την έκδοση.

Η Encyclopedié περιείχε πολυάριθμα άρθρα που κάλυπταν τόσο τα επαγγέλματα όσο και τις επιστήμες. Μάλιστα, ο ίδιος ο Diderot πήγαινε σε μαγαζιά διάφορων κατασκευαστών και τεχνιτών, για να μάθει τις ιδιαίτερες τεχνικές των επαγγελματιών τους. Έτσι η Encyclopedié γίνεται το βασικό σημείο αναφοράς για πληροφορίες σχετικά και με την τεχνολογία του δέκατου όγδοου αιώνα. Στην Encyclopedié παρέχεται η εύκολη πρόσβαση σε πληροφορίες για κάθε θέμα: θρησκεία, δίκαιο, φιλολογία, μαθηματικά, φιλοσοφία, χημεία, στρατιωτική επιστήμη και γεωργία. Ένας από τους στόχους της ήταν να αναδείξει τη σχέση ανάμεσα στους διάφορους τομείς της γνώσης. Ο Diderot έγραφε στην αρχή του πρώτου τόμου: «Ας ελπίσουμε ότι οι μέλλουσες γενιές θα πουν, ανοίγοντας το Λεξικό μας: αυτή ήταν τότε η κατάσταση των επιστημών και των καλών τεχνών. Είθε η ιστορία του ανθρώπινου πνεύματος και των προϊόντων του να συνεχίσει στους αιώνες, μέχρι το πολύ απώτερο μέλλον. Είθε η Encyclopedié να γίνει ένα καταφύγιο, όπου η ανθρώπινη γνώση θα προστατεύεται από το χρόνο και τις εξεγέρσεις. Δε θα είμαστε λοιπόν περισσότερο από υπερήφανοι που βάλαμε τα θεμέλιά της;»

Το 18ο αιώνα οριστικοποιούνται και τα όρια που άρχισαν να διαγράφονται ήδη από το 17ο αιώνα ανάμεσα στην επιστήμη και στη θρησκεία. Στις αρχές του αιώνα υπάρχουν αρκετά σοβαρές διαμάχες (η διαμάχη ανάμεσα στο Νεύτωνα και το Leibniz είναι η πιο γνωστή), των οποίων το υπόβαθρο είναι θεολογικό. Ουσιαστικά όμως η Εκκλησία συμβιβάζεται με την ανάπτυξη που έχει ο νέος λόγος, η πολύ πιο ευέλικτη θέση της προτεσταντικής κοινότητας —παρά την εξαιρετικά «συντηρητική» θέση του Λούθηρου σε επιστημονικά ζητήματα— ως προς την επιστήμη και την επιστημονική πρακτική κάνει την Καθολική Εκκλησία να είναι λιγότερο επιθετική. Ο έντονος αντικληρικαλισμός πολλών από τους πρωταγωνιστές του Διαφωτισμού και η απειλή της πολιτικής και ιδεολογικής κυριαρχίας της Εκκλησίας αναγκάζει την Εκκλησία να βρει νέους τρόπους συμβιβασμού. Η ανάπτυξη της φυσικής θεολογίας και η εμμονή στο παράδειγμα της φύσης ως ωρολογιακού μηχανισμού που έχει ήδη διαμορφωθεί το 17ο αιώνα και του Θεού ως του μεγάλου ωρολογοποιού εκφράζει, εν μέρει, και τη νέα ισορροπία.

Οι δύο μεγάλες ακαδημίες που ιδρύονται το 17ο αιώνα θα αποτελέσουν και τα πρότυπα για τη δημιουργία των αντίστοιχων ακαδημιών σε διάφορες χώρες στην Ευρώπη στη διάρκεια του 18ου αιώνα. Η Ακαδημία Επιστημών του Βερολίνου ιδρύεται

το 1700, αλλά μονάχα μετά το 1743, όταν ο Φρειδερίκος ο Μέγας την αναδιοργανώνει στο πρότυπα της Academie des Sciences του Παρισιού, αρχίζει να παίζει ένα σημαντικό ρόλο. Ο Φρειδερίκος θαύμαζε οτιδήποτε γαλλικό: απαίτησε να γράφονται οι επιστημονικές ανακοινώσεις στην ακαδημία στα γαλλικά και διόρισε έναν από τους γνωστότερους γάλλους μαθηματικούς, τον Pierre Morertuis, ως πρόεδρό της. Επίσης ένας από τους σημαντικότερους μαθηματικούς όλων των αιώνων, ο Leonard Euler (1707–1783), ήταν για ένα διάστημα στην Ακαδημία Επιστημών του Βερολίνου. Ας σημειωθεί ότι οι μισθοί που έπαιρναν οι ακαδημαϊκοί στο Βερολίνο ήταν σταθεροί και υψηλότεροι από εκείνους του Παρισιού.

Στη Ρωσική Ακαδημία Επιστημών, στην Αγία Πετρούπολη, που ιδρύθηκε από το Μεγάλο Πέτρο στα 1724, οι υλικές συνθήκες ήταν ακόμη καλύτερες. Πολλά από τα μέλη της Ρωσικής Ακαδημίας είχαν προσέλθει από τη Γερμανία και την Ελβετία. Ο Leonard Euler ήταν στην Αγία Πετρούπολη και πριν και μετά την παραμονή του στο Βερολίνο. Μέλος της ήταν και ο Daniel Bernoullie ο George Bernhard Bilfinger (1693–1750), ο Georg Wolfgang Krafft (1701–59) κ.ά. Άλλες βασιλικές ακαδημίες—στις οποίες δεν είχε δοθεί τόσο υψηλή οικονομική βοήθεια—ιδρύθηκαν στο Goetingen (1751), τη Μπολόνια (1714), το Τορίνο (1757) και το Μόναχο (1758). Εταιρείες στο πρότυπο της Βασιλικής Εταιρείας ιδρύθηκαν στο Εδιμβούργο (1783), το Μάντσεστερ (1781), το Haarlem της Ολλανδίας (1756) και σε πολλές γαλλικές επαρχίες.

Στη Γαλλία από το 1760 και μετά άρχιζαν να δημιουργούνται επαγγελματικές εταιρείες, όπως οι νέες ακαδημίες ιατρικής, χειρουργικής και φαρμακευτικής, γεωργικές εταιρείες, μουσεία και εταιρείες τεχνιτών. Η συνύπαρξή τους με την Ακαδημία Επιστημών δεν ήταν πάντοτε αγαστή και σε όλη τη διάρκεια του 18ου αιώνα οι εταιρείες των τεχνιτών θεωρούσαν—όχι πάντοτε αδικαιολόγητα—ότι η Ακαδημία δεν ήθελε να προωθήσει τις εφευρέσεις τους. Οι κανονισμοί που είχαν θεσπιστεί το 1699 προέβλεπαν πως η Ακαδημία ήταν υπεύθυνη να εξετάζει «όλες τις μηχανές για τις οποίες είχαν ζητηθεί από την Αυτού Μεγαλειότητα αποκλειστικά δικαιώματα». Θα πιστοποιούσε επίσης κατά πόσο ήταν νέες και χρήσιμες και ο εφευρέτης, του οποίου η εργασία είχε γίνει αποδεκτή, θα είχε την υποχρέωση να αφήσει στην Ακαδημία ένα μοντέλο [της εφευρέσής του]. Δεν ήταν δύσκολο η αποκλειστικότητα της Ακαδημίας σε τεχνολογικά και επιστημονικά ζητήματα να προκαλέσει αντιπαλότητες με τα άτομα που θεωρούσαν τον εαυτό τους αδικημένο, αφού πολλά μέλη των εταιρειών των τεχνιτών ήθελαν οι εφευρέσεις τους να κρίνονται από όμοιούς τους και όχι από τους ακαδημαϊκούς, για τους οποίους πίστευαν πως εμπόδιζαν την πρόσβασή τους στο Βασιλιά. Οι βασιλικές ακαδημίες στη Γαλλία διαλύθηκαν το 1793 και επαλειτούργησαν με διαφορετικό καθεστώς δύο χρόνια αργότερα.

Η κυριαρχία του ορθολογισμού, η κυριαρχία των νέων θεσμών, όπως των ακαδημιών, και κυρίως οι επιτυχίες της επιστήμης και της τεχνολογίας ενίσχυσαν και την έννοια της προόδου. Η έννοια της προόδου έγινε μία έννοια ευρωκεντρική και συνέβαλε στη νομιμοποίηση της επέκτασης και κυριαρχίας των ευρωπαϊκών κρατών στον υπόλοιπο κόσμο. Όπως η επιστήμη είχε γίνει το πρότυπο το οποίο έπρεπε να ακολουθήσουν οι θεσμοί και οι λειτουργίες μιας κοινωνίας, έτσι —κατ' επέκταση— οι κοινωνίες και κυρίως οι αξίες των ευρωπαϊκών χωρών θα έπρεπε να διαδοθούν ανά την υφήλιο. Οι βαθύτερες και ουσιαστικότερες οικονομικές επιδιώξεις —κυρίως των νέων κοινωνικών στρωμάτων, των οποίων η κυριαρχία εξαρτιόταν από το εμπόριο και στη συνέχεια τη βιομηχανία— που οδήγησαν στην απομύζηση του φυσικού και ανθρώπινου πλούτου του μεγαλύτερου τμήματος του πλανήτη, είχαν έτσι αποκτήσει μία ιδεολογική συνοχή και νομιμοποίηση, που βασιζόταν εν πολλοίς στη νέα επιστήμη.

Ο αιώνας του Διαφωτισμού κλείνει με δύο πολιτικά γεγονότα, οι επιπτώσεις των οποίων αφήνουν ανεξίτηλα σημάδια στις παραπέρα εξελίξεις. Το 1776 ανακοινώνεται η ανεξαρτησία των 13 Πολιτειών της Αμερικής και το 1789 αρχίζει τυπικά μια αλληλουχία εξαιρετικά πολύπλοκων γεγονότων, γνωστών ως η Γαλλική Επανάσταση. Όπως θα έχετε την ευκαιρία να διαβάσετε και σε βιβλία Ευρωπαϊκής Ιστορίας και τα δύο θεωρούνται τα κατεξοχήν πολιτικά προϊόντα του Διαφωτισμού.

Αλλά το τέλος του 18ου αιώνα σημαδεύεται και με τη χημική επανάσταση, τη συγκρότηση της σύγχρονης χημείας κυρίως μέσα από το έργο του Lavoisier. Και αυτή εκφράζει όλα τα χαρακτηριστικά του Διαφωτισμού: Έρχεται σε ρήξη με τη μεταφυσική της αλχημικής παράδοσης, είναι μία χρήσιμη επιστήμη που σχετίζεται με άμεσες πρακτικές εφαρμογές και οι εφαρμογές αυτές είναι δυνατό να βοηθήσουν τους ανθρώπους. Σε αυτό το τελευταίο κεφάλαιο θα αναφερθούμε εκτενώς στις εξελίξεις που συνέβαλαν στην εδραίωση της χημείας.

## **5.2 Οι απαρχές της σύγχρονης χημείας και το πρόβλημα της καύσης**

Η κατανόηση των φαινομένων της θερμότητας εξαρτήθηκε πλήρως από την επινόηση νέων πειραμάτων, την ανακάλυψη νέων φαινομένων, την εισαγωγή και νομιμοποίηση νέων εννοιών, τη συνειδητοποίηση κανονικοτήτων μέσα από εμπειρικές παρατηρήσεις και τη δημιουργία ερμηνευτικών σχημάτων που δεν είχαν τη μαθηματική αυστηρότητα των αντίστοιχων σχημάτων που είχαν επινοηθεί για την επίλυση των προβλημάτων της κίνησης και της αστρονομίας. Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι οι λογής επεξεργασίες των φαινομένων της θερμότητας οδήγησαν στη διαμόρφωση της σύγχρονης χημείας αλλά και στην ανάπτυξη της θερμοδυναμικής και της κινητικής θεωρίας των αερίων στη φυσική, *χωρίς αυτό να σημαίνει πως η χημεία*

θα πρέπει να θεωρηθεί ως κλάδος της φυσικής. Ιδιαίτερα στη διάρκεια της εξέλιξης της το 19ο αιώνα, η χημεία άρθρωσε ένα δικό της λόγο, αυτόνομο από αυτόν της φυσικής, και δημιούργησε ένα δικό της «χώρο» σε όλα τα επίπεδα άσκησής της στην κοινωνία. Η μελέτη της ιστορίας των θερμικών φαινομένων είναι ιδιαίτερα διαφωτιστική για τις διεργασίες με τις οποίες η χημεία έρχεται σε ρήξη με τις δικές της παραδόσεις —κυρίως την αλχημική, στην οποία όμως και οφείλει πάρα πολλά. Ένας άλλος λόγος που η μελέτη των θερμικών φαινομένων συμβάλλει στην παραπέρα επεξεργασία αρκετών από τα γενικότερα ιστορικά και ιστοριογραφικά θέματα που έχουμε θίξει αφορά στη «σχέση πειράματος και θεωρίας.» Τα πειράματα, οι παρατηρήσεις, οι διαδικασίες συλλογής στοιχείων και οι ολοένα πιο ακριβείς μετρήσεις, που υπαγόρευε αυτός καθαυτός ο χαρακτήρας των φαινομένων θερμότητας, δεν ήταν «δεσμευμένα» από αυστηρά θεωρητικά πλαίσια ή και δεν επιδίωκαν αναγκαστικά την επιβεβαίωση ή απόρριψη θεωριών. Τα φαινόμενα θερμότητας αλλά και η χημεία ειδικότερα ήταν ιδανικό πεδίο για το βακωνικό πρόγραμμα. Αυτή η συστηματική συλλογή στοιχείων και η ολοένα λεπτομερέστερη και με μεγαλύτερη ακρίβεια διερεύνηση των χαρακτηριστικών των διάφορων φαινομένων προετοίμασε το έδαφος για την ανάπτυξη της χημείας.

Η φυσική μελετά τον πραγματικό κόσμο μέσα από μία ιδιόμορφη αφαίρεση: οι νόμοι της φύσης ισχύουν για έναν ιδεατό κόσμο που δεν έχει τριβές και τις άλλες «ατέλειες» που έχουμε στον καθημερινό κόσμο. Η χημεία έχει σχέση με τα χαρακτηριστικά και τη συμπεριφορά των ουσιών που απαρτίζουν τον πραγματικό κόσμο και μελετά τις διαδικασίες με τις οποίες αλλάζουν οι ουσίες. Η σύγχρονη χημεία έχει αξιοποιήσει την εξαιρετικά πλούσια εμπειρία δύο σημαντικών παραδόσεων: της αλχημείας και της φαρμακευτικής ή ιατροχημείας. Ας τονίσουμε με συντομία ότι είναι εντελώς λάθος να θεωρείται ότι η αλχημεία ήταν κάτι το μυστικιστικό, που σχετιζόταν αποκλειστικά με τη μαγεία και πως ο μόνος στόχος των αλχημιστών ήταν να κατασκευάσουν τη «φιλοσοφική λίθο» ή, τέλος πάντων, να καταφέρουν να δημιουργήσουν χρυσό από σχετικά ευτελή υλικά. Βεβαίως και υπήρχαν αυτά τα χαρακτηριστικά, και όχι μόνο στη διάρκεια του Μεσαίωνα αλλά και αργότερα, όταν ο μυστικισμός ήταν σχεδόν συστατικό στοιχείο της κοσμοθεωρίας των ανθρώπων, η αλχημεία είχε όντως να «προσφέρει» αρκετά! Οι αλχημιστές όμως ήταν οι κατεξοχήν άνθρωποι που κατείχαν συνταγές και τεχνικές για το μετασχηματισμό των ουσιών. Δεν είναι επομένως περίεργο να υπάρχει και από τους ίδιους η προσδοκία ότι μπορεί και να καταφέρουν να κατασκευάσουν και χρυσό! Αλλά οι αλχημιστές συνέβαλαν με το μέγιστο δυνατό τρόπο στη συλλογή και κατάταξη πολλών ουσιών, στην ανάπτυξη μεθόδων όπου μπορούσαν να απομονώσουν το μέταλλο από το

μετάλλευμα που βρισκόταν στα ορυχεία, στην απόσταξη διάφορων υγρών από φυτά, στην παρασκευή δηλητηρίων, όπως και στην προετοιμασία υλικών βαφής καλής ποιότητας. Παράλληλα τελειοποιούσαν τα αναγκαία όργανα γι' αυτές τις διαδικασίες και βεβαίως είχαν καταφέρει να έχουν έναν εντυπωσιακά μεγάλο αριθμό τρόπων διαφοροποίησης της ποιότητας αλλά και της έντασης της φωτιάς. Η «συνταγολογία», που ήταν ό,τι πιο πολύτιμο είχε κάποιος αλχημιστής, χαρακτηριζόταν από την εξαντλητική περιγραφή ουσιών και διαδικασιών και από την ακρίβεια των αναλογιών που ήταν αναγκαίες για την παρασκευή του οποιουδήποτε προϊόντος. Αλλά και η φαρμακευτική είχε πολλά κοινά με την αλχημεία. Πολλά από αυτά που παρήγαγαν οι αλχημιστές είχαν θεραπευτικές ιδιότητες—ανάμεσά τους και ορισμένα από τα δηλητήρια, για τα οποία βεβαίως έπρεπε να ακολουθούνται με ευλάβεια οι οδηγίες χρήσης! Στην Αγγλία ακόμη και σήμερα τα φαρμακεία αποκαλούνται με την ονομασία Chemists (χημικοί)—ονομασία που είχαν από την εποχή του Μεσαίωνα.

Οι διαφορετικές τεχνικές που είχαν τελειοποιηθεί, ο χειρισμός της φωτιάς και ο κεντρικός της ρόλος, η σημασία της ποσοτικοποίησης όχι όπως στην φυσική όπου ήταν απόρροια της μαθηματικοποίησης, αλλά η έμφαση στον ακριβή προσδιορισμό των ποσοτήτων που χρησιμοποιούνται στην παρασκευή των διάφορων ουσιών, η άμεση χρησιμότητα των αποτελεσμάτων, η σχετικά φιλελεύθερη σκέψη που αναπτύχτηκε λόγω της μη δέσμευσης σε θεωρητικά σχήματα, το γεγονός ότι—αντιδρώντας στην αλχημική παράδοση—οι χημικοί του 18ου και του 19ου αιώνα προσπάθησαν να συγκροτήσουν θεωρητικά σχήματα που να είναι απαλλαγμένα από μεταφυσικές αρχές και μεταφυσικούς υπαινιγμούς αποτέλεσαν τα δημιουργικά χαρακτηριστικά της κουλτούρας των χημικών. Ας αναφέρουμε δύο ακόμη σημαντικούς παράγοντες που συνέβαλαν στην εξέλιξη των ιδεών και των πρακτικών της χημείας το 18ο αιώνα. Η μελέτη των αερίων γενικά, η βαθμιαία καθιέρωση της έννοιας της αέριας κατάστασης της ύλης και η συνειδητοποίηση ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας αποτελείται από πολλά ήδη αερίων πραγματοποιήθηκε μέσα σε ένα πλαίσιο κυριαρχίας της μηχανοκρατίας και τα αποτελέσματα των μελετών συνέβαλαν στην παραπέρα νομιμοποίηση αυτού του πλαισίου. Ο δεύτερος παράγοντας έχει σχέση με το ρόλο ενός συγκεκριμένου οργάνου. Σε καμία από τις επιστήμες ένα όργανο δεν έπαιξε τόσο καθοριστικό ρόλο στη διαδικασία της αρχικής τους συγκρότησης, όσο έπαιξε ο ζυγός στη χημεία. Προφανώς και δεν είναι δυνατό να υποτιμηθεί η συμβολή του θερμόμετρου για τη μελέτη των φαινομένων θερμότητας, αλλά η απαιτούμενη ακρίβεια των μετρήσεων βασίστηκε σχεδόν αποκλειστικά στο ζυγό για την παρασκευή ουσιών, αλλά κυρίως για τη διατύπωση διάφορων εμπειρικών νόμων.

Ήδη από τις αρχές του 18ου αιώνα οι προσπάθειες αποσαφήνισης ορισμένων προ-

βλημάτων δημιούργησαν το νέο κλίμα στο οποίο ευδοκίμησε η συγκρότηση της σύγχρονης χημείας. Οι προσπάθειες κατανόησης της φύσης των στοιχειωδών ουσιών, της φύσης των χημικών ενώσεων και της χημικής αλλαγής και ειδικότερα της φύσης της φωτιάς και κυρίως της καύσης αποτέλεσαν τα κεντρικά σημεία αυτής της προβληματικής.

### 5.3 Η θεωρία του φλογιστού

Ο Georg Ernst Stahl (περίπου 1660–1734), βασιζόμενος στις απόψεις του Johann Joachim Becher (1635–1682), θεωρείται το άτομο που καθιέρωσε μία ολοκληρωμένη άποψη για την καύση, γνωστή ως θεωρία του φλογιστού. Η βαθμιαία αναθεώρηση και τελική ανατροπή αυτής της θεωρίας από το Lavoisier στο τέλος του 18ου αιώνα αποτελεί και την απαρχή της σύγχρονης χημείας. Ο Becher θεωρούσε πως όλα τα ορυκτά αποτελούνται από τρία συστατικά, τα *terra pinguis*, *terra mercurialis*, *terra lapida*. Ουσιαστικά επαναλάμβανε αυτό που είχε υποστηρίξει γενικά ο Παράκελσος ότι τα συστατικά και βασικά στοιχεία των σωμάτων είναι το θειάφι, ο υδράργυρος και το άλας. Τα συστατικά στοιχεία μπορούσαν επίσης να θεωρηθούν και ως φορείς ιδιοτήτων: της λιπαρότητας, της ρευστότητας και του υαλώδους. Το πρώτο που αντιστοιχούσε στο θειάφι προκαλούσε την καύση, το δεύτερο που αντιστοιχούσε στον υδράργυρο προκαλούσε την πυκνότητα και τη μεταλλική λάμψη και το τρίτο που αντιστοιχούσε στο άλας έδινε «υλικότητα» στα σώματα. Η βασική θέση του Becher ήταν ότι ένα σώμα στη διάρκεια καύσης του χάνει το *terra pinguis*. «Τα σώματα περιέχουν μία εύφλεκτη αρχή (ουσία), η οποία μέσα από τη δράση της φωτιάς διαφεύγει στον αέρα. Πιστεύω πως το οξειδωμένο υλικό περιείχε μόνο *terra mercurialis* και *terra lapida*.» Ο Stahl ονόμασε αυτή την ουσία που περιείχαν τα εύφλεκτα υλικά φλογιστό. Ο όρος είχε για πρώτη φορά χρησιμοποιηθεί από το Hapellius το 1606. Έτσι τα μέταλλα ήταν δυνατό να θεωρηθούν ως ενώσεις των ειδικών τους μεταλλικών τεφρών και του φλογιστού. Ήταν όμως γνωστό ότι, αν η μεταλλική τέφρα ερχόταν σε επαφή με πυρακτωμένους ξυλάνθρακες, τότε ήταν δυνατό να αποκατασταθεί το αρχικό μέταλλο. Το φαινόμενο αυτό ερμηνευόταν ως εξής: το φλογιστό που περιείχε ο ξυλάνθρακας «εισχωρούσε» ή ενωνόταν με τη μεταλλική τέφρα και επανερχόταν η τέφρα στην αρχική της μορφή.

Μέταλλο + θερμότητα → μεταλλική τέφρα + φλογιστό στον αέρα

Μεταλλική τέφρα + ξυλάνθρακες(φλογιστό) → μέταλλο

Ο ξυλάνθρακας θεωρήθηκε ως η ουσία με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα φλογιστού, όχι μόνο επειδή ήταν σε θέση να «δίνει» τόσο πολύ φλογιστό στις τέφρες των διάφορων μετάλλων, αλλά επειδή μετά την καύση του η στάχτη που έμενε ήταν εξαιρετικά «λίγη ύλη» σε σχέση με τον αρχικό όγκο ή μάζα του ξυλάνθρακα. Ας σημει-

ώσουμε ότι η αρχική καύση των σωμάτων γινόταν με τη βοήθεια ενός μεγεθυντικού φακού ώστε να αποφευχθεί η ενδεχόμενη ανάμειξή τους με άλλα συστατικά που μπορεί να περιείχαν οι διάφορες ουσίες που θα χρησιμοποιούνταν για την καύση.

Ποιος όμως ήταν ο ρόλος του αέρα στη διαδικασία της καύσης; Ήδη από το 17ο αιώνα ο Jean Rey (1575–1645), ο John Mayow (1641–1679), ο Robert Boyle (1627–1691) και ο Robert Hooke (1635–1702) είχαν εκφράσει την πεποίθησή τους ότι ο αέρας ήταν αναγκαίος για την καύση. Ο Boyle π.χ. είχε προσπαθήσει να κάψει φώσφορο σε δοχείο δίχως αέρα και δεν τα είχε καταφέρει. Αν ο αέρας ήταν αναγκαίος για την καύση, πόσο φλογιστό περιείχε; Ο αέρας θεωρήθηκε ως ένας παθητικός δέκτης φλογιστού, που όμως δεν μπορούσε να «δώσει» φλογιστό. Τότε πώς μπορούσε να ερμηνευτεί το φαινόμενο ότι ένα αναμμένο κερί τοποθετημένο μέσα σε μία ερμητικά κλεισμένη φιάλη έσβηνε μετά από λίγο διάστημα; Ο κορεσμός του αέρα της φιάλης ήταν ο λόγος που έσβηνε το κερί. Είχε επέλθει κορεσμός στον αέρα από το φλογιστό που «έβγαινε» από το κερί, δηλαδή ο αέρας δεν μπορούσε να απορροφήσει άλλο φλογιστό, το φλογιστό του κεριού δεν είχε πού να πάει, δεν μπορούσε να «φύγει» από το κερί και άρα έσβηνε η φλόγα. Μάλιστα ο κορεσμένος από φλογιστό αέρας ονομάστηκε «φλογιστικοποιημένος αέρας» και αργότερα ταυτίστηκε με το άζωτο —ο αέρας δηλαδή που δεν μπορούσε να συντηρήσει την καύση.

Η θεωρία του φλογιστού κατάφερε να ασκήσει μία βαθιά επιρροή για πολλά χρόνια. Ήταν μία βολική θεωρία, μπορούσε να ερμηνεύσει με ποιοτικό τρόπο σχεδόν όλα τα φαινόμενα της καύσης και, με τα όργανα της εποχής, να μην έρχεται σε μεγάλη σύγκρουση με διάφορες ποσοτικές μετρήσεις. Γι' αυτό και κατάφερε να επιβιώσει, παρά το ότι ήταν γνωστά δύο φαινόμενα που όχι μόνο δεν μπορούσαν να ερμηνευτούν με τη θεωρία του φλογιστού, αλλά ήταν και αντίθετα στις όποιες ερμηνείες θα μπορούσαν να προταθούν με βάση τη θεωρία του φλογιστού. Το 1630 ο Jean Rey είχε βρει πως ο κασσίτερος —σε αντίθεση με το θειάφι, το ξύλο ή τα οργανικά υλικά— *αύξανε* το βάρος του, όταν θερμαινόταν στον αέρα. Επίσης, ο όγκος ενός αερίου σε κλειστό χώρο συστελλόταν αν μέσα στο χώρο γινόταν η καύση ενός σώματος. Αν η ερμηνεία αυτών των φαινομένων βασιζόταν αποκλειστικά στη θεωρία του φλογιστού, τότε στην περίπτωση του ξύλου το φλογιστό έπρεπε να έχει κάποιο βάρος, ενώ στην περίπτωση του κασσίτερου το φλογιστό θα έπρεπε να είχε αρνητικό βάρος! Αυτό οδήγησε το Lavoisier πολλά χρόνια αργότερα —το 1785, όταν διατύπωνε την τελική μορφή της θεωρίας του για την καύση— να πει πως το φλογιστό στα χέρια των διάφορων χημικών «ήταν σαν ένας πραγματικός Πρωτέας που άλλαζε μορφή σε κάθε στιγμή».

Παρά τις αδυναμίες του, το εξηγητικό σχήμα με τα αβαρή ρευστά, όπως ήταν το φλο-

γιστό, δεν ήταν εύκολο να αγνοηθεί. Τα αβαρή ρευστά είχαν την ικανότητα να μεταφέρουν ιδιότητες —θερμότητα στη δική μας περίπτωση — χωρίς τις περιπλοκές που δημιουργεί η μεταφορά με πραγματικά ρευστά. Με αυτό τον τρόπο έγινε δυνατό να συζητούνται αυτά τα φαινόμενα στο πλαίσιο της κυρίαρχης μηχανιστικής αντίληψης και έτσι να διευρυνθεί το είδος των φυσικών φαινομένων που μπορούσαν να ερμηνευτούν με μηχανιστικούς τρόπους. Επίσης η εξήγηση των φαινομένων θερμότητας με αβαρή ρευστά ήταν δυνατό να γίνει με έναν τρόπο που επιδέχεται ποσοτικοποίηση και όχι μονάχα με τη συνεπή περιγραφή των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Τέλος, η επιτυχία του εξηγητικού σχήματος που χρησιμοποιεί αβαρή ρευστά στη θερμότητα θα ενίσχυε την προσπάθεια κατανόησης των φαινομένων του ηλεκτρισμού, του μαγνητισμού, του φωτός και της έλξης με αντίστοιχα αβαρή ρευστά.

Τι γίνεται όμως, αν η θερμότητα δεν ήταν ένα αβαρές ρευστό; Ποια θα ήταν η κατάσταση αν η θερμότητα ήταν μία πραγματική *υλική* ουσία; Βέβαια, το πρώτο πράγμα που έπρεπε να γίνει ήταν να μετρηθεί το βάρος ή η «ελαφρότητα» της ουσίας —ας θυμηθούμε πως ο Αριστοτέλης θεωρούσε πως ένα από τα τέσσερα στοιχεία, η φωτιά, ήταν ελαφριά. Έγιναν πολλά πειράματα για να διαπιστωθεί αν ένα σώμα ζύγιζε περισσότερο όταν ήταν θερμό παρά όταν ήταν ψυχρό. Οι μετρήσεις όμως, όσο περίεργο και αν μας φαίνεται με τα σημερινά μας κριτήρια, δεν κατάφεραν ούτε να επιβεβαιώσουν αλλά ούτε και να απορρίψουν το συσχετισμό της θερμότητας με το βάρος ενός σώματος. Ο George Fordyce (1736–1802) ζύγισε μια φιάλη με νερό και τη ζύγισε ξανά όταν το νερό έγινε πάγος (και στις δύο περιπτώσεις κοντά στο σημείο τήξης) και βρήκε ότι η φιάλη με το παγωμένο νερό ζύγιζε περισσότερο. Το 1787, ο Benjamin Thompson, Κόμης Ράμφορντ (1753–1814), επανέλαβε τα πειράματα του Fordyce με μια ζυγαριά μεγαλύτερης ακρίβειας, τροποποιώντας το πείραμα, ώστε να είναι δυνατή η ανίχνευση των ανωμαλιών που προκαλούσε η συστολή του γυαλιού και η άνιση διαστολή των βραχιόνων της ζυγαριάς. Τα αποτελέσματά του οδηγούσαν στο αντίστροφο συμπέρασμα από αυτό των μετρήσεων του Fordyce. Ο Ράμφορντ φαινόταν πεισμένος ότι η θερμότητα δεν είναι κάποια ουσία αλλά μπορεί και να «εκφράζει» κάποιο είδος κίνησης. Στο Ράμφορντ επίσης οφείλεται και το πείραμα που έγινε όταν ο ίδιος ήταν διευθυντής σε στρατιωτικό οπλοστάσιο του Μονάχου. Στη διάρκεια της εκτόρευσης (φραιζάρισμα) ενός κανονιού παρατήρησε ότι υπήρχε μεγάλη παραγωγή θερμότητας. Μάλιστα, όταν τοποθέτησε όλο το μηχανισμό σε ένα κουτί γεμάτο νερό, η παραγόμενη θερμότητα ήταν αρκετή για να βράζει το νερό. Η εκτόρευση γινόταν από άλογα που κινούσαν τη συσκευή και, όσο τα άλογα συνέχιζαν να κινούνται, το νερό συνέχιζε να βράζει, πράγμα που έμοιαζε να υποδεικνύει μια αέναη παροχή θερμότητας.



Παρά την αρχική της επιτυχία, η θεωρία του Stahl δεν κατάφερε να γίνει αποδεκτή από όλους τους χημικούς. Ένας από τους πιο σημαντικούς χημικούς της περιόδου, ο Hermann Boerhaave (1688–1738), καθηγητής Ιατρικής, Βοτανικής και Χημείας στο Πανεπιστήμιο του Leiden, δεν αναφέρει τη θεωρία του φλογιστού στο βιβλίο του *Elementa Chymia*, που είχε γράψει το 1737 και το οποίο άσκησε πολύ μεγάλη επιρροή. Ο Boerhaave, σε αντίθεση με το Stahl, πίστευε πως ο αέρας κάτω από ορισμένες συνθήκες θα μπορούσε να παίρνει μέρος σε ορισμένες χημικές αντιδράσεις. Θεωρούσε —όπως ο Νεύτωνας— τη φωτιά ως μικρά άτομα τα οποία μπορούσαν να εισχωρήσουν σε άλλα σώματα και να αλλάξουν την ελκτική δύναμη ανάμεσα στα άτομά τους. Η εξήγηση που έδωσε ο Boerhaave για την αύξηση του βάρους των οξειδωμένων μετάλλων ήταν επειδή είχαν απορροφήσει άτομα φωτιάς. Αυτή ήταν και η ερμηνεία του Boyle. Για πρώτη φορά διαφοροποίησε την έννοια της φωτιάς, όπως εκδηλώνεται μέσα από τη θερμότητα, και της φωτιάς, όπως εκδηλώνεται στην καύση. Με τον Boerhaave αρχίζει η θεώρηση της φωτιάς ως μιας υλικής ουσίας. Επίσης πίστευε πως μία χημική αντίδραση ήταν σαν μία διαδικασία διάλυσης: Το διαλυτικό, συνήθως υγρό, απαρτιζόταν από μικρά άτομα που κατόρθωναν να εισχωρήσουν ανάμεσα στα άτομα της ουσίας που διαλύεται. Τα άτομα της κάθε ουσίας αιωρούνταν και ανακατανέμονταν ανάλογα με τη «συγγένεια» του κάθε σώματος προς το άλλο —καθιερώνοντας έναν όρο που θα επικρατήσει για έναν περίπου αιώνα.

Η προσπάθεια να ερμηνευτεί η προτίμηση ορισμένων ουσιών να ενώνονται με ορισμένες μόνο ουσίες και όχι με άλλες είχε την αφετηρία της στην αλχημεία. Οι απόκρυφες «δυνάμεις» της αγάπης και του μίσους είχαν παίξει έναν αρκετά σημαντικό ερμηνευτικό ρόλο. Η επικράτηση όμως της μηχανοκρατίας και κυρίως οι μεγάλες επιτυχίες της νευτώνειας θεωρίας οδήγησαν τους χημικούς σε θεωρήσεις της συγγένειας με νευτώνειους όρους και έννοιες. Η γενικότερη παραδοχή ήταν πως κάθε σωματίδιο της ύλης είχε μία ελκτική δύναμη που προσδιόριζε όλες τις φυσικές και χημικές του αλληλεπιδράσεις. Για να είναι χρηστικές αυτές οι ιδέες έπρεπε να μπορούν να φτιαχτούν πίνακες που να σημειώνουν το βαθμό αλληλεπίδρασης της κάθε ουσίας με μία άλλη. Ελπίζανε επίσης πως με αυτό τον τρόπο θα μπορούσαν να προβλέψουν διάφορες αλληλεπιδράσεις. Έχει ενδιαφέρον να σημειώσουμε πως ο μόνος τρόπος να φτιαχτούν τέτοιου είδους πίνακες ήταν μέσω πειραματικών μετρήσεων. Την περίοδο όμως εκείνη δεν ήταν δεδομένο ότι πειραματικοί αριθμοί, δηλαδή η ποσοτικοποίηση, έπρεπε να αντικαταστήσουν τις πιο γενικές και αφηρημένες αρχές των ατομιστών όπως τις είχαν προτείνει ο Boyle και ο Νεύτωνας. Η δημιουργία όμως τέτοιων πινάκων ήταν και η έκφραση της θέλησης των χημικών να οικοδομήσουν την «επιστήμη» τους γύρω από την κουλτούρα του εργαστηρίου και των πειραματι-



φοράς ήταν ο βρασμός του νερού όπου ο Κέλσιος τοποθέτησε το μηδέν. Το ενδιαμέσο το διαίρεσε σε εκατό ίσα μέρη. Η αξιοπιστία του θερμομέτρου εξαρτιόταν και από την υπόθεση ότι η μεταβολή της θερμοκρασίας από το βρασμό του νερού έως τη μετατροπή του σε πάγο ήταν γραμμική —κάτι που ισχύει για κανονικές τις θερμοκρασίες αλλά όχι για πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

Τι μετρούσε όμως το θερμόμετρο; Με άλλα λόγια τι ήταν η θερμοκρασία; Τι ακριβώς σήμαινε ότι το θερμόμετρο μετράει την ποσότητα της θερμότητας; Πολλοί φυσικοί φιλόσοφοι στη διάρκεια του πρώτου μισού του 18ου αιώνα προσπάθησαν να δώσουν απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα.

Ο Fahrenheit είχε διαπιστώσει ότι το νερό μπορεί να παραμείνει σε υγρή κατάσταση και κάτω από τη θερμοκρασία τήξης του, όπως και το ότι η θερμοκρασία στην οποία τα υγρά βράζουν εξαρτάται από την πίεση. Ήταν γνωστός για τα πειράματά του και είχε ανακαλύψει ότι, αν τρεις όγκοι υδραργύρου αναμειχτούν με δύο όγκους νερού σε διαφορετική θερμοκρασία, τότε η τελική θερμοκρασία του μείγματος ήταν κάπου στο μέσο των δύο αρχικών θερμοκρασιών. Από αυτό συμπεράνε ότι η ποσότητα της θερμότητας ήταν ανάλογη του όγκου ενός σώματος. Το 1739 ο George Martin (1702–1741), που δίδασκε στο Πανεπιστήμιο του St. Andrews, στη Σκωτία, ανακάλυψε πως για ίσους όγκους υδραργύρου και νερού ο χρόνος για την αύξηση της θερμοκρασίας του υδραργύρου ήταν διπλάσιος από το χρόνο που χρειαζόταν να ανέβει η θερμοκρασία του νερού. Υποθέτοντας πως η φωτιά μεταβίβαζε σταθερή ποσότητα θερμοκρασίας και στις δύο ουσίες, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η ποσότητα θερμότητας δεν μπορούσε να είναι ανάλογη του όγκου του αντικειμένου.

Ο Joseph Black (1728–99), καθηγητής της Ιατρικής και της Χημείας στο Πανεπιστήμιο της Γλασκώβης, υποστήριξε πως, αν η θερμότητα ήταν ένα από τα ανεπαίσθητα (ή αβαρή) ρευστά ανά όγκο, τότε το θερμόμετρο μετρούσε την πυκνότητα και όχι την ποσότητα του ρευστού σε ένα σώμα. Είχε καταλήξει σε αυτή την διαπίστωση μετά από μία απλή παρατήρηση. Αν δύο δοχεία με διαφορετικό όγκο είχαν νερό με την ίδια θερμοκρασία, τότε αυτό που μετρούσε το θερμόμετρο δεν μπορούσε να είναι η ποσότητα του ρευστού, αφού το μεγαλύτερο δοχείο θα περιείχε περισσότερη ποσότητα απ' ό,τι το μικρό. Αντιθέτως, και στα δύο η πυκνότητα του θερμικού ρευστού ήταν ή ίδια.

Στη συνέχεια ο Black οδηγήθηκε σε μία σειρά διαπιστώσεων που άλλαξαν ριζικά την κατανόησή μας των φαινομένων της θερμότητας. Θέρμανε δύο σώματα από διαφορετικό υλικό ώσπου να έχουν την ίδια θερμοκρασία. Τα άφησε μετά να κρυώσουν. Παρατήρησε πως το κάθε σώμα κατέληγε στη θερμοκρασία του χώρου όπου πραγματοποιούσε τα πειράματά του σε διαφορετικό χρόνο. Ένα από τα δύο σώματα (ιδι-

αίτερα το σίδηρο) το αισθανόταν κανείς πιο θερμό, γιατί απέβαλε περισσότερη θερμότητα. Ο Black συμπέρανε από τα αποτελέσματα αυτά ότι ενδεχομένως οι διαφορετικές ουσίες να είχαν και διαφορετική συγγένεια με τη θερμότητα ή διαφορετική δυνατότητα για να αποθηκεύουν τη θερμότητα. Το πόση θερμότητα απορροφούσε κάθε σώμα δεν ήταν συνάρτηση μόνο του όγκου και της μάζας του σώματος αλλά και της φύσης του συγκεκριμένου υλικού. Για σώματα από το ίδιο υλικό τα πειράματά του έδειχναν ότι το χαρακτηριστικό αυτό δεν άλλαζε με την αλλαγή του όγκου ή της μάζας τους. Δεν ήταν γνωστό αν η διαδικασία αυτή ήταν φυσική ή χημική, αλλά ο Black προχώρησε την επιχειρηματολογία του και υπέθεσε πως κάθε ουσία έχει μία διαφορετική αλλά και χαρακτηριστική «χωρητικότητα» ως προς την ικανότητα της να απορροφά και να «κρατάει» θερμότητα. Ανεξάρτητα από τον Black, το 1781, στη Σουηδία, ο Johann Carl Wilcke (1732–1796) κατέληξε στα ίδια συμπεράσματα, αντί όμως να ονομάσει το φαινόμενο θερμική «χωρητικότητα», το ονόμασε «ειδική θερμότητα.» Και για τους δύο η ειδική θερμότητα ενός σώματος ήταν η έκφραση για την ποσότητα θερμότητας που ήταν αναγκαία για την άνοδο της θερμοκρασίας μιας μονάδας μάζας του σώματος κατά ένα βαθμό. Για κάθε ουσία η σχέση θερμότητας και θερμοκρασίας ήταν διαφορετική.

#### 5.4.1 Η λανθάνουσα θερμότητα

Η παρατήρηση του Black και του Wilcke ότι, ακόμη και στην περίπτωση που ο πάγος είναι κοντά στο σημείο τήξης του, χρειαζόταν πολλή θερμότητα για να λιώσει —σε αντίθεση με την κυρίαρχη άποψη την εποχή εκείνη— οδήγησε σε μία νέα έννοια, την έννοια της λανθάνουσας θερμότητας. Όταν π.χ. χυθεί καυτό νερό στο χιόνι ή στον πάγο και παρόλο που η θερμοκρασία είναι κοντά στους μηδέν βαθμούς κελσίου, δε λιώνει όλο το χιόνι. Μάλιστα ο Black έκανε την παρατήρηση πως, εάν το χιόνι έλιωνε πλήρως, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος έφτανε λίγο πάνω από τους 0 βαθμούς κελσίου, οι χείμαρροι που θα δημιουργούνταν από μια ανοιξιάτικη ζέστη «θα ξερίζωναν και θα σάρωναν τα πάντα, και μάλιστα τόσο ξαφνικά, που το ανθρώπινο είδος θα δυσκολευόταν πολύ να αποφύγει την καταστροφή».

Ο Black σχεδίασε διάφορα πειράματα για να καταλήξει σε μία πιο ποσοτικοποιημένη διατύπωση αυτών των παρατηρήσεών του. Το 1757 τοποθέτησε σε ένα θερμαινόμενο χώρο δύο φιάλες, τη μία με παγωμένο νερό και την άλλη με νερό που η θερμοκρασία του ήταν πολύ κοντά στη θερμοκρασία τήξης του. Στην ίδια θερμοκρασία ήταν και η φιάλη με το παγωμένο νερό. Η διαδικασία για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο δεν ήταν πολύ περίπλοκη. Μην ξεχνάμε ότι τα πειράματα γίνονταν στη Σκωτία, όπου το χειμώνα η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή. Γεμίζει κανείς δύο φιάλες με νερό.

Τη μία την αφήνει έξω για να παγώσει το νερό. Μόλις αρχίζει να παγώνει το νερό, μετατοπίζει τη φιάλη στο θερμό χώρο και παρατηρεί τότε αρχίζει να λιώνει ο πάγος που είχε αρχίσει να δημιουργείται. Εκείνη τη στιγμή την πάει πάλι έξω, ώσπου να παγώσει όλο το νερό και άρα να είναι σαφές ότι η θερμοκρασία του πάγου είναι πολύ κοντά στη θερμοκρασία τήξης. Η αντίστροφη διαδικασία (προσέχοντας να μην παγώσει το νερό) ακολουθείται στην περίπτωση του νερού που θέλουμε να είναι πολύ κοντά στη θερμοκρασία τήξης. Ο Black στη συνέχεια τοποθέτησε και τις δύο φιάλες στο θερμαινόμενο χώρο και παρατήρησε πως, ενώ η θερμοκρασία του νερού αύξανε συνεχώς, η θερμοκρασία του πάγου που έλιωνε και του νερού που προέκυπτε από το λιώσιμο ήταν πολύ κοντά στη θερμοκρασία τήξης μέχρι να λιώσει όλος ο πάγος. Όταν έλιωσε όλος ο πάγος και διαπίστωσε ότι αρχίζει να αυξάνεται «κανονικά» η θερμοκρασία και παίρνοντας υπόψη τη θερμοκρασία στην οποία είχε φτάσει το νερό στη φιάλη που αρχικά είχε μόνο νερό, υπολόγισε τη θερμότητα που χρειάστηκε ο πάγος για να λιώσει. Ήταν τόση, όση χρειαζόταν για να ανέβει η θερμοκρασία ίσης ποσότητας νερού κατά 140 βαθμούς.

Για να διαπιστώσει κατά πόσο τα αποτελέσματά του ήταν ακριβή, σχεδίασε ένα διαφορετικό πείραμα. Τοποθέτησε ένα κομμάτι πάγου, το οποίο είχε πρώτα ζυγίσει, μέσα σε ένα δοχείο με νερό γνωστού βάρους και σε υψηλή θερμοκρασία. Από τη διαφορά της αρχικής θερμοκρασίας του νερού και της θερμοκρασίας του νερού όταν είχε λιώσει όλος ο πάγος κατέληξε στο αποτέλεσμα των 143 βαθμών. Από αυτά τα πειράματα ο Black υποστήριξε πως ο πάγος ήταν σε θέση να απορροφά και να «κρύψει» ένα ποσό θερμότητας και η οποία δεν μπορούσε να ανιχνευτεί με έναν άμεσο τρόπο. Η θερμότητα αυτή ήταν «λανθάνουσα», αφού η ύπαρξή της δεν μπορούσε να ανιχνευτεί με το θερμόμετρο. Ήταν βέβαια πιο δύσκολο να προταθεί ένας μηχανισμός που να εξηγεί αυτό.

Το επόμενο βήμα του Black ήταν να μετρήσει τη λανθάνουσα θερμότητα που απαιτείται για να βράσει το νερό και να γίνει ατμός. Γι' αυτό το πείραμα έπρεπε ο Black να έχει μία σταθερή πηγή θερμότητας. Στην αρχή πίστευε ότι αυτό ήταν σχεδόν αδύνατο, αλλά έμαθε από έναν ποτοποιό της περιοχής πώς να το κάνει. Συγκρίνοντας το ρυθμό με τον οποίο το νερό βράζοντας γινόταν ατμός, με το ρυθμό με τον οποίο η θερμοκρασία του κρύου νερού ανέβαινε, κατέληξε ότι η ποσότητα θερμότητας που απαιτούνταν για να γίνει ατμός μια δεδομένη ποσότητα νερού θα ανέβαζε τη θερμοκρασία του νερού αυτού κατά 810 βαθμούς Φαρενάιτ. Το αποτέλεσμα αυτό ήταν μόνο 20% μικρότερο από τα ακριβή αποτελέσματα που έχουμε σήμερα!

Ορισμένα άτομα προσπάθησαν να διερευνήσουν τη σχέση ανάμεσα στη θερμοχωρητικότητα και τη λανθάνουσα θερμότητα. Προφανώς κάτι τέτοιο θα έπρεπε να

βασιστεί σε υποθέσεις σχετικά με τη δομή της ύλης. Π.χ. αν τα σώματα είχαν μία δομή που έμοιαζε με αυτή του σφουγγαριού, τότε το θερμικό ρευστό θα ήταν δυνατό να «φωλιάζει» στις κυψέλες και να μην αρχίσει την επίδρασή του, παρά μόνο αφού η συγκεκριμένη δομή του συγκεκριμένου σώματος είχε κορεστεί από την απορρόφηση του θερμικού ρευστού. Το γεγονός ότι το νερό και ο πάγος είχαν διαφορετικές συμπεριφορές ως προς τη θερμοχωρητικότητά τους θα μπορούσε να ερμηνευτεί με το συγκεκριμένο μοντέλο, το οποίο όμως θα επιδεχόταν διαφοροποιήσεις (π.χ. ως προς το μέγεθος των κυψελίδων) ανάλογα με τη θερμοκρασία. Το όποιο ερμηνευτικό σχήμα για τα θερμικά φαινόμενα έπρεπε να μπορεί να εξηγήσει πώς αλληλοεπιδρά το θερμικό ρευστό με τα διάφορα σώματα, αφού μόνο ένα μέρος του ανιχνεύεται με το θερμόμετρο. Πολλά άτομα υπέθεσαν πως ο αποτελεσματικότερος μηχανισμός θα ήταν αυτός όπου θα υπήρχαν χημικές ενώσεις ανάμεσα στο θερμικό ρευστό και την ύλη.

### 5.5 Η μελέτη των αερίων

Στην ιστορία της χημείας σημαντικό ρόλο παίζουν και τα πειράματα που οδήγησαν στη «δημιουργία» αερίων. Ο van Helmont, ο Boyle το 1660 και ο Hales το 1727 είχαν καταφέρει να απομονώσουν και να «απελευθερώσουν» αέρια από υγρά ή στερεά. Ο Hales τοποθέτησε διάφορα λαχανικά σε ένα σιδερένιο αποστακτήρα, τα θέρμανε και συνέλεξε τα αέρια σ' ένα γυάλινο δοχείο το οποίο περιείχε νερό και ήταν αντεστραμμένο μέσα σε ένα μεγαλύτερο δοχείο που είχε και αυτό νερό. Θεώρησε βέβαια ότι το αέριο ήταν το ίδιο με τον «πραγματικό αέρα και δεν ήταν αεροποιημένοι υδρατμοί». Η δυνατότητα απελευθέρωσης αερίων που ήταν «κρυμμένα» σε στερεά οδήγησε, στη συνέχεια, τον Joseph Black σε μία σειρά από πειράματα σχετικά με την απομόνωση του «σταθεροποιημένου αέρα» —ένα νέο είδος αέρα, διαφορετικό από το συνήθη ατμοσφαιρικό αέρα και στον οποίο δεν ήταν δυνατό να συντηρηθεί καύση.

Στα μέσα του 18ου αιώνα δεν υπήρχε συμφωνία για το ποια ήταν η πιο αποτελεσματική μέθοδος και ουσία για να διαλύονται οι πέτρες στα νεφρά. Η μη εσβεσμένη άσβεστος (το οξείδιο του ασβεστίου) και το ασβέστιο ύδωρ (υδροξείδιο του ασβεστίου) ήταν οι βασικές ουσίες που χρησιμοποιούσαν πολλοί γιατροί. Ορισμένοι όμως άρχισαν να χρησιμοποιούν ως φάρμακο και τη λευκή μαγνησία (magnesia alba). Οι έρευνες του Black ήταν επίσης προσανατολισμένες στην ιατρική και το 1754 άρχισε να πειραματίζεται με τη λευκή μαγνησία. Θερμαίνοντας τη λευκή μαγνησία παρήγαγε οξείδιο του μαγνησίου (magnesia usta), που ήταν ένα προϊόν με πολλές ομοιότητες με τη μη εσβεσμένη άσβεστο, αλλά που δε διαλυόταν στο νερό. Παρατήρησε όμως

πως το οξείδιο του μαγνησίου που προέκυπτε από την καύση της λευκής μαγνησίας ήταν πολύ πιο ελαφρύ από το δείγμα της λευκής μαγνησίας. Πώς θα έπρεπε να ερμηνευτεί αυτή η διαφορά βάρους; Είχε ήδη επισημάνει ότι η λευκή μαγνησία άφριζε αν την έριχνε σε οξύ. Δε γινόταν όμως το ίδιο με το οξείδιο του μαγνησίου. Επίσης, και τα δύο παρήγαγαν την ίδια ποσότητα άλατος του μαγνησίου. Μετά από προσεκτικές μετρήσεις συμπέρανε πως η λευκή μαγνησία έχανε το ίδιο βάρος είτε την επεξεργάζοταν με οξύ είτε τη θέρμαινε και παρήγαγε οξείδιο του μαγνησίου. Από αυτά τα πειράματα ο Black κατέληξε πως το βάρος που χανόταν ήταν ίσο με το βάρος του σταθεροποιημένου αέρα που απελευθερωνόταν από τη λευκή μαγνησία.

Ήταν η πρώτη φορά που είχε μετρηθεί το βάρος ενός αερίου. Και αυτό οδήγησε τον Black να θεωρήσει το οξείδιο του μαγνησίου ως λευκή μαγνησία μείον το σταθεροποιημένο αέρα και όχι ως λευκή μαγνησία συν φλογιστό, όπως θα «έπρεπε» να είχε κάνει αν ήθελε να είναι συνεπής με τη φλογιστική θεωρία. Τέτοιες έρευνες δημιούργησαν το πλαίσιο για την ανακάλυψη της σύνθεσης πολλών ουσιών και πρώτα του νερού από τον James Watt το 1783. Ο Black δεν ήταν ποτέ ένθερμος υποστηρικτής της θεωρίας του φλογιστού και είχε αποδεχτεί τη θεωρία του Lavoisier για την καύση, χωρίς όμως μεγάλο ενθουσιασμό. Η πρακτική του Black ήταν πολύ πιο συνεπής στην παράδοση που είχε δημιουργήσει ο Βάκωνας και ο Boyle και το έργο του ήταν επικεντρωμένο στη συστηματική συλλογή ιδιοτήτων και τη μελέτη αυτών των ιδιοτήτων, χωρίς ποτέ να δεσμεύεται σε θεωρητικά σχήματα.

«Η αποσαφήνιση των νέων φαινομένων είναι το μοναδικό μου ενδιαφέρον και πόσο ευτυχισμένος είναι ο ερευνητής όταν η τελική επιτυχία των αγώνων του φέρνει χαρά στην καρδιά του» έγραψε ο Scheele στον Gahn το 1774. Είχε ήδη απομονώσει το υδρογόνο το 1770 μετά την επεξεργασία σιδήρου ή ψευδάργυρου με οργανικό οξύ. Το ονόμασε «εύφλεκτος αέρας» θεωρώντας ουσιαστικά ότι είναι καθαρό φλογιστό. Το 1773 απομόνωσε το οξυγόνο αλλά δημοσίευσε την ανακάλυψή του το 1777 και έτσι έχασε την πρωτιά στον Joseph Priestley που το είχε απομονώσει το 1774.

## 5.6 Η ανακάλυψη του οξυγόνου

Ο Joseph Priestley (1733–1804) ήταν ένας ιερωμένος και ερασιτέχνης χημικός που άρχισε τα συστηματικά πειράματα στη χημεία όταν ήταν 38 ετών. Το 1774 αγόρασε ένα πολύ ισχυρό φακό και θέρμαινε τέφρα πλούσια σε μεταλλευτικά οξείδια (ειδικότερα το κόκκινο ίζημα του υδραργύρου). Παρατήρησε πως παράγεται ένα αέριο, πως η καύση ενός σώματος σε αυτό το αέριο γινόταν με γοργότερους ρυθμούς και πως η φλόγα ήταν έντονη. Όταν τοποθέτησε ένα ποντίκι σε μία φιάλη που περιείχε μόνο αυτό το αέριο, παρατήρησε πως το ποντίκι ζούσε διπλάσιο χρόνο απ' ό,τι αν τοποθε-

τούνταν στην ίδια φιάλη που περιείχε μόνο ατμοσφαιρικό αέρα. Ο Priestley ήταν ένθερμος υποστηρικτής της θεωρίας του φλογιστού. Δεν είναι σαφές αν ο Priestley πίστευε πως είχε να κάνει με διαφορετικά είδη αερίων ή με διαφορετικές καταστάσεις του ατμοσφαιρικού αέρα ανάλογα με την ποσότητα φλογιστού που περιείχαν. Αφού λοιπόν ο αέρας που δεν μπορούσε να συντηρήσει την καύση ήταν αέρας που ήταν κορεσμένος από φλογιστό (το άζωτο, όπως θυμόμαστε, λεγόταν φλογιστικοποιημένος αέρας), ονόμασε το νέο αέριο που φαινόταν να μην έχει καθόλου φλογιστό, μιας και είχε την τάση να συντηρεί την καύση, «αποφλογιστικοποιημένο αέρα». Μην ξεχνάμε, όπως αναφέραμε, πως ο αέρας θεωρούνταν παθητικός παράγοντας στη διαδικασία της καύσης: δεχόταν το φλογιστό και άρα συντηρούσε για περισσότερη ή λιγότερη ώρα την καύση. Άρα υπήρχε η κατάσταση πλήρους κορεσμού από φλογιστό, πλήρους έλλειψης φλογιστού και όλο το φάσμα των ενδιάμεσων καταστάσεων. Σε λίγα χρόνια ανακάλυψε πως τα φυτά παράγουν «αποφλογιστικοποιημένο αέρα» κάτω από την επίδραση του φωτός. Η παρατήρηση αυτή επιβεβαιώθηκε από τους Jan Ingenhousz (1730–1799) και Jean Senebier (1742–1809), οι οποίοι προχώρησαν στη διατύπωση της θεωρίας της φωτοσύνθεσης. Την παραγωγή ενός αερίου μετά τη θέρμανση του κόκκινου ιζήματος του υδραργύρου την είχε παρατηρήσει το 1774 και ο Γάλλος φαρμακοποιός Pierre Bayen (1725–1798) αλλά δεν είχε προχωρήσει στη μελέτη των ιδιοτήτων του. Όταν ο Priestley επισκέφτηκε το Παρίσι το 1774, συνάντησε το Lavoisier και του ανέφερε την ανακάλυψή του. Όπως θα δούμε, αυτό δημιούργησε προβλήματα ως προς την προτεραιότητα της ανακάλυψης.

Ο Priestley, όπως είπαμε, ήταν ένθερμος υποστηρικτής της θεωρίας του φλογιστού. Δεν είχε λοιπόν κανένα λόγο να θερμάνει το κόκκινο ίζημα του υδραργύρου, αφού κατά τη θεωρία του φλογιστού τα αποτελέσματα θα πρέπει να ήταν αναμενόμενα, όπως για όλα τα μέταλλα που είχαν ήδη οξειδωθεί μετά από καύση. Αν συνεχιζόταν η καύση με φακό ή αν η καύση γινόταν με ξυλάνθρακες που περιείχαν πολύ φλογιστό, το οξειδωμένο μέταλλο θα έπρεπε να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση. Αυτή δε η διαδικασία είχε παρατηρηθεί πολλές φορές. Γιατί λοιπόν ο Priestley προχώρησε στο συγκεκριμένο πείραμα; Μήπως είχε αρχίσει να κλονίζεται η πεποίθησή του στη θεωρία του φλογιστού; Η απάντηση είναι αρνητική σε αυτό το ερώτημα και έχει να κάνει με την πρακτική των χημικών της εποχής. Η πεποίθηση σε μία θεωρία δεν οδηγούσε στους περιορισμούς που μας οδηγεί κάτι το αντίστοιχο σήμερα. Η πεποίθηση ήταν μία πεποίθηση για ένα ερμηνευτικό σχήμα του οποίου η εγκυρότητα δεν κλονιζόταν από ενδεχόμενες εξαιρέσεις αλλά ούτε και η επιτυχία ενός ερμηνευτικού σχήματος ήταν αποτρεπτικός παράγοντας από το να γίνονται πειράματα με «αναμενόμενο αποτέλεσμα.». Έχουμε ήδη μιλήσει για τη διαφορά βαρών μετά την



καύση που είχαν τα μέταλλα και οι οργανικές ουσίες και ότι αυτό οδηγούσε στη θεώρηση του φλογιστού είτε ως μία αρχή άνωσης (ελαφρότητας) είτε ως κάτι που είναι σαν πουλί σε κλουβί και «πάντοτε είναι στον αέρα» (και άρα χωρίς βάρος) είτε ως μία υλική ουσία με κανονικό βάρος. Είναι προφανές ότι με τα σημερινά μας κριτήρια δε θα ήταν δυνατό να επιβιώσει μία τέτοια θεωρία. Δεν ίσχυε όμως αυτό εκείνη την εποχή, όπου στο αίτημα της ποσοτικοποίησης ανταποκρίνονταν με αυστηρό τρόπο μονάχα οι θεωρίες της φυσικής και της αστρονομίας. Ο Priestley, όπως και πολλοί ομότεχνοί του, παρέμεναν πιστοί στο πρόγραμμα του Βάκωνα για τη μέτρηση όλο και περισσότερων ιδιοτήτων, όσο περισσότερων σωμάτων και ουσιών ήταν δυνατό να έχουν στη διάθεσή τους. Η συστηματικότητα στην οποία αναφερόμαστε όταν χαρακτηρίζουμε το έργο αυτών των ατόμων ουσιαστικά αναφέρεται στο μεθοδικό τρόπο με τον οποίο, αφού πρώτα επέλεγαν κάποια ουσία, μελετούσαν και κατέγραφαν τις ιδιότητές της, χωρίς αυτές οι διεργασίες να έχουν σαν στόχο είτε την επιβεβαίωση θεωρητικών σχημάτων είτε την απόρριψή τους. Αυτό έγινε πολύ αργότερα, όταν πια η χημεία είχε συγκροτηθεί ως επιστήμη –που ακόμη και τότε δεν έπαψαν οι χημικοί να εφαρμόζουν αυτή την πρακτική, αφού η «θεωρία» στη χημεία ποτέ δεν είχε τα ίδια χαρακτηριστικά με τη «θεωρία» στη φυσική. Άρα ο *χαρακτήρας* της πεποίθησης του Priestley στη φλογιστική θεωρία δεν τον εμπόδιζε να πραγματοποιεί πειράματα ακόμη και σε καταστάσεις από τις οποίες δε θα «έπρεπε» να ελπίζει τίποτα το καινούργιο. Πόσο μάλλον ότι είχε μόλις αποκτήσει έναν πανίσχυρο φακό και άρα μπορούσε να δημιουργήσει μία εστία πολύ υψηλής θερμοκρασίας, στην οποία δεν είχε υποβληθεί προηγουμένως το κόκκινο ίζημα του υδραργύρου.

Σε αντίθεση με την έμφαση που έδινε ο Priestley στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ερευνών του, ο Henry Cavendish (1731–1810) υπήρξε ένα από άτομα που ασχολήθηκαν με την ποσοτική πλευρά των χημικών φαινομένων. Αν αναλογιστεί κανείς τα όργανα που είχε στη διάθεσή του, η ακρίβεια των μετρήσεών του εκπλήσσει ακόμη και σήμερα. Οι φυσικοί γνωρίζουν τον Cavendish από τις μετρήσεις που έκανε για τον προσδιορισμό της παγκόσμιας σταθεράς που υπεισέρχεται στο νόμο της βαρύτητας του Νεύτωνα. Το 1781 κατάφερε να μετρήσει την ειδική βαρύτητα (ειδικό βάρος) του εύφλεκτου αέρα και του «σταθεροποιημένου αέρα». Είχε ήδη καταφέρει να παραγάγει εύφλεκτο αέρα με διαφορετικούς τρόπους. Το ίδιο έκανε και με την παραγωγή σταθεροποιημένου αέρα. Οι έρευνες αυτές ήταν οι πρώτες εφαρμογές των ποσοτικών μεθόδων της χημείας. Οι ιδιότητες του εύφλεκτου αέρα τον οδήγησαν στην πρόταση ότι ο εύφλεκτος αέρας μπορεί να είναι το φλογιστό. Την ίδια χρονιά διαπίστωσε πως, αν ανακάτωνα τον εύφλεκτο αέρα μαζί με τον ατμοσφαιρικό αέρα και προκαλούσε έκρηξη (που μπορεί να γίνει και με ηλεκτρικούς σπινθήρες), τότε όλος ο εύφλεκτος

αέρας και το ένα πέμπτο του ατμοσφαιρικού αέρα εξαφανιζόταν και μετατρέποταν σε δροσοσταλίδες, που ήταν νερό. Επανέλαβε το πείραμά του χρησιμοποιώντας δύο όγκους εύφλεκτου αέρα και έναν όγκο «αποφλογιστικοποιημένου αέρα» και παρατήρησε ότι τα αέρια εξαφανίζονταν και δημιουργούνταν νερό. Τα αποτελέσματα αυτά δε δημοσιεύτηκαν πριν από το 1784. Το ότι το νερό αποτελείται από οξυγόνο και υδρογόνο το διατύπωσε με σαφήνεια, όπως είπαμε, ο James Watt το 1783.

### 5.7 Η ερμηνεία της καύσης από το Lavoisier

Ένας από τους σημαντικότερους —και για ορισμένους ο σημαντικότερος— χημικούς του 19ου αιώνα, ο Justus von Liebig (1803–1873), είχε πει για το Lavoisier ότι «δεν ανακάλυψε καμία νέα ουσία, καμία νέα ιδιότητα, κανένα φαινόμενο που να μην ήταν ήδη γνωστό. Η δόξα του όμως θα είναι αθάνατη επειδή ενστάλαξε στην επιστήμη ένα νέο πνεύμα.» Η νέα οπτική γωνία με την οποία προσπάθησε να ερμηνεύσει γνωστά φαινόμενα αλλά και οι τεράστιες προσπάθειές του να καθιερώσει μία νέα ορολογία και γλώσσα της χημείας που θα ανταποκρινόταν στις απαιτήσεις της νέας επιστήμης, μαζί με τις υπόλοιπες δραστηριότητές του να χρησιμοποιήσει τις δυνατότητες της επιστημονικής σκέψης για την αντιμετώπιση κοινωνικών αναγκών, αναδεικνύουν τον Antoine Laurent Lavoisier (1743–1794) ως το άτομο που συγκρότησε τη σύγχρονη χημεία.

Ο Lavoisier ολοκλήρωσε τις γυμνασιακές του σπουδές σε ένα από τα καλύτερα γυμνάσια του Παρισιού, το College Mazarin, και ένας από τους δασκάλους του ήταν ο γνωστός αστρονόμος Lacaille. Το 1763 παίρνει πτυχίο νομικής. Άρχισε να τον ενδιαφέρει η βοτανική και συνόδευε τον Bernard de Jussieu στους «φιλοσοφικούς περιπάτους» (promenades philosophiques) στο Παρίσι, όπου και ολοκλήρωσε την πλήρη καταγραφή και ταξινόμηση των φυτών. Μετά την παρακολούθηση των ομιλιών ενός φαρμακοποιού, του Guillaume Francois Rouelle, και τις οποίες παρακολουθούσαν πολλοί λόγιοι, όπως ο Diderot και ο Rousseau, αλλά και απλός κόσμος, ο Lavoisier αποφάσισε να ασχοληθεί με τη χημεία. Ο Lavoisier παρακολουθούσε και τα πιο τεχνικά μαθήματα που έδινε ο Rouelle στο φαρμακείο του. Το 1766 ακολούθησε τον Jean–Etienne Guettard σε μία αποστολή για να ολοκληρωθεί ο γεωλογικός χάρτης της Γαλλίας και είχε την ευκαιρία να μάθει να κάνει πολύ προσεκτικές μετρήσεις —κυρίως βαρομετρικές μετρήσεις— για να προσδιοριστεί το ύψος ορισμένων βουνών. Πήρε επίσης μέρος στο διαγωνισμό που προκήρυξε η Ακαδημία των Επιστημών για το φωτισμό του Παρισιού και η πληρότητα της μελέτης και η πρότασή του εντυπωσίασε τους κριτές. Το βραβείο, τελικά, δεν το πήρε κανείς από τους διαγωνιζόμενους.

Στην Ακαδημία εκλέχθηκε το 1767 και προσπάθησε να δημιουργηθεί η νέα τάξη της πειραματικής φυσικής. Το 1785, στην τελευταία αναδιοργάνωση της Ακαδημίας πριν από την Επανάσταση, δημιουργείται ο τομέας της *physique generale*, που θεωρείται κατόρθωμά του. Το 1775 διορίστηκε διευθυντής της Βασιλικής Διοίκησης Πυριτίου και ουσιαστικά ήταν υπεύθυνος για την εξασφάλιση της καλής ποιότητας του μπαρουτιού. Στο Arsenal του Παρισιού, όπου και εγκαταστάθηκε, απέκτησε ένα εργαστήριο, στο οποίο και πραγματοποίησε τα περισσότερα πειράματά του —ανάμεσα στις έξι με οκτώ το πρωί και στις επτά με δέκα το βράδυ, όπως αναφέρει στα απομνημονεύματά της η γυναίκα του Marie–Anne Pierrette, που τον βοηθούσε στα πειράματα και στις εικονογραφήσεις των βιβλίων του.

Ένα από τα πράγματα που προκαλούσαν το θαυμασμό και την περιέργεια στο Lavoisier ήταν το νερό. Θεωρούσε πως ήταν το βασικό εργαλείο της φύσης για τις όποιες αλλαγές και πως θα έπρεπε να γίνει πλήρως κατανοητός ο χαρακτήρας του «αγαπημένου μέσου της φύσης». Ήταν το νερό μία απλή και στοιχειώδης ουσία ή μπορούσε να μετατραπεί σε γη; Αυτό ήταν ένα ερώτημα για το οποίο δεν είχε δοθεί μία πειστική απάντηση, αφού πολλοί θεωρούσαν ότι μπορεί και να γίνεται μία τέτοια μετατροπή, επειδή ακόμη και μετά την εξάτμιση του καθαρού νερού παρατηρούνταν η «εμφάνιση μικρών κομματιών γης». Αποφάσισε να μελετήσει αυτό το πρόβλημα. Κάθε φορά που εξάτμιζε καθαρό βρόχινο νερό έβρισκε πως παρέμεναν στον αποστακτήρα κομμάτια στέρεης ύλης. Δεν άλλαζε όμως το ειδικό βάρος του νερού, το οποίο και συνέλεγε σε άλλο δοχείο. Σκέφτηκε μήπως τα κομμάτια αυτά προέρχονταν από το γυάλινο δοχείο. Γι' αυτό το σκοπό άρχισε να θερμαίνει νερό μέσα σε «πελεκάνο», που ήταν μια συσκευή σταθερής απόσταξης στην οποία το νερό εξατμίζεται, μετά συμπυκνώνεται και τελικά γυρίζει πίσω για να ξαναεξατμιστεί και του οποίου το βάρος είχε μετρήσει με μεγάλη προσοχή. Το πείραμα αυτό, γνωστό ως το πείραμα των 101 ημερών, άρχισε στις 24 Οκτωβρίου 1768 και ολοκληρώθηκε στη 1 Φεβρουαρίου 1769. Όταν μετά τη διαδικασία απόσταξης ζύγισε τον πελεκάνο, βρήκε πως ήταν πιο ελαφρύς από το βάρος που είχε πριν αρχίσει το πείραμα. Ζυγίζοντας όμως και τη μικρή ποσότητα «γης», που στο μεταξύ είχε εμφανιστεί στο νερό, έδειξε ότι η ουσία αυτή δεν προερχόταν από το νερό αλλά από το γυάλινο πελεκάνο, που είχε χάσει τόσο βάρος όσο το βάρος της ουσίας που είχε παραχθεί: Η «γη» δεν είχε παραχθεί από τη μεταστοιχείωση του νερού αλλά από την επίδραση του νερού στο γυαλί. Ας σημειώσουμε την τεράστια δυσκολία ενός τέτοιου πειράματος, όπου θα πρέπει π.χ. μετά το τέλος του πειράματος να ζυγιστεί το γυάλινο δοχείο, αφού έχει μεταφερθεί το νερό σε άλλο δοχείο αλλά προσέχοντας να μεταφερθεί και το νερό που «κολλάει» στα τοιχώματα του δοχείου. Η θεωρητική σημασία του πειράματος βέβαια ήταν εξαιρετικής σημα-

σίας, αφού «επιβεβαίωνε» την άποψη ότι το νερό ήταν μάλλον μία αμετάβλητη ουσία. Σε λίγα χρόνια ο Lavoisier θα διαχωρίσει το νερό σε οξυγόνο και υδρογόνο.

Ήδη από το 1772 ο Lavoisier είχε αρχίσει να μελετάει συστηματικά το χαρακτήρα της καύσης. Είχε διαβάσει το δοκίμιο ενός δικηγόρου από την Dijon, ο οποίος πραγματοποιούσε διάφορα χημικά πειράματα, του Louis Bernard Guyton de Morveau (1737–1816). Οι μετρήσεις του έδειχναν με σαφήνεια ότι όλα τα μέταλλα, με τα οποία είχε πειραματιστεί, είχαν αυξημένο βάρος μετά την καύση. Η ερμηνεία του ήταν πως το φλογιστό πρέπει να είχε μία ιδιότητα σαν άνωση, ώστε όταν εγκαταλείπει ένα σώμα στη διάρκεια της καύσης του, το σώμα να «γίνεται» πιο βαρύ. Η ερμηνεία αυτή δεν ήταν καθόλου πειστική για το Lavoisier, που άρχισε να σκέφτεται το ενδεχόμενο η διαδικασία καύσης να «σταθεροποιεί» τον αέρα στα σώματα και άρα να τα κάνει πιο βαριά. Ο «σταθεροποιημένος αέρας» θα μπορούσε επίσης να απελευθερωθεί μετά τη μετατροπή της μεταλλικής τέφρας με την επίδραση πυρακτωμένου ξυλάνθρακα αλλά και σαν αποτέλεσμα της καύσης με εντονότερη θερμοκρασία, όπως ακριβώς γινόταν με τα πειράματα του Hales. Σχηματικά ο μηχανισμός καύσης που πρότεινε ο Lavoisier το 1772 ήταν

Μέταλλο + αέρας → Μεταλλική τέφρα + θερμότητα

[υλικός αέρας + φλογιστό] [ μέταλλο + υλικός αέρας] [φλογιστό]

[Στις αγκύλες αναγράφεται η διαδικασία με όρους φλογιστού]

Τον Οκτώβριο του 1772 χρησιμοποιώντας έναν πολύ δυνατό φακό που ανήκε στην Ακαδημία Επιστημών, προσπάθησε να ελέγξει την πρότασή του για την καύση, με ένα δείγμα από οξειδίο του μολύβδου. Επανέλαβε το ίδιο ουσιαστικά πείραμα με φώσφορο και θείο. Τοποθέτησε φώσφορο σε μία φιάλη και τον θέρμανε. Τα προϊόντα της καύσης ήταν πιο βαριά από το αρχικό κομμάτι φωσφόρου, αλλά το βάρος του συνόλου του αέρα και του φωσφόρου ήταν το ίδιο πριν και μετά την καύση. Όταν θέρμανε το φώσφορο σε υψηλότερη θερμοκρασία με τη βοήθεια φακών, παρατήρησε την εκπομπή αερίου και πάλι το βάρος του συνόλου του συστήματος φώσφορος και αέρας παρέμενε το ίδιο. Τα ίδια αποτελέσματα προέκυψαν και με τα πειράματα με θείο. Παρατήρησε επίσης πως σε περίπτωση που έσπαγε η φιάλη εισερχόταν «σφυρίζοντας» αέρας από το περιβάλλον. Άρχισε να πείθεται πως η καύση είναι αποτέλεσμα της απορρόφησης του αέρα ή κάποιου συστατικού του και όχι της εκπομπής στον περιβάλλοντα αέρα του φλογιστού που περιέχει ένα σώμα. Για να σιγουρέψει την προτεραιότητά του γι' αυτές τις ανακαλύψεις, έστειλε αμέσως ένα σφραγισμένο φάκελο με τα αποτελέσματά του στην Ακαδημία, ο οποίος άνοιξε μετά από άδειά του το Μάιο του 1773. Μετά την περιγραφή των πειραμάτων του ανέφερε στο

σημείωμα πως ο όγκος του αέρα που απελευθέρωνε η μεταλλική τέφρα στη διάρκεια μετατροπής της σε μέταλλο ήταν

*«... Χίλιες φορές μεγαλύτερος από την ποσότητα του οξειδίου του μολύβδου που χρησιμοποιήθηκε. Αυτή η ανακάλυψη μου φαίνεται πως είναι μία από τις πιο ενδιαφέρουσες που έχουν γίνει από την εποχή του Stahl και, επειδή είναι δύσκολο στις συζητήσεις με φίλους να μην υπαινιχθώ κάτι που θα τους οδηγήσει στη σωστή κατεύθυνση, σκέφθηκα ότι πρέπει να καταθέσω αυτή τη μαρτυρία στα χέρια του Γραμματέα της Ακαδημίας, έως ότου δημοσιοποιήσω τα πειράματά μου.»*

Μελετώντας αυτά τα στοιχεία πολλοί ιστορικοί «μυρίστηκαν» πως ο Lavoisier δε θα πρέπει να ήταν πολύ καλά ενημερωμένος για το έργο των άλλων χημικών, οι έρευνες των οποίων είχαν καταδείξει πως ο αέρας ήταν μάλλον μια σύνθετη ουσία και αποτελούνταν από πολλά είδη «αέρων». Είχε προφανώς διαισθανθεί ότι μπορεί να είναι στα χνάρια της ανατροπής της παλιάς αντίληψης για την καύση, γιατί πώς αλλιώς εξηγείται αυτό που έγραφε το Φεβρουάριο του 1773 στο σημειωματάριο του;

Θεωρώ πως ότι έχει γίνει πριν από μένα απλώς ενδεικτικό. Προτίθεμαι να επαναλάβω τα πάντα με νέους τρόπους... ώστε να μπορέσω να συνδέσω τη γνώση μας σχετικά με τον αέρα που παίρνει μέρος στις ενώσεις ή που απελευθερώνεται από τις ουσίες, μαζί με τις άλλες γνώσεις που έχουμε αποκτήσει, και να σχηματίσω μία θεωρία.

Ο Lavoisier πέρασε όλο το 1773 μελετώντας τα έργα των χημικών που είχαν ασχοληθεί με τον αέρα και επαναλαμβάνοντας πολλά από τα πειράματά τους. Οι μελέτες και τα πειράματά του ενίσχυσαν την πεποίθησή του ότι το συστατικό που είναι αναγκαίο για την καύση είναι ο «σταθεροποιημένος αέρας». Ας σημειώσουμε ότι ο «σταθεροποιημένος αέρας» ήταν το διοξείδιο του άνθρακα και επειδή σχεδόν όλες οι μετατροπές των μεταλλικών τεφρών σε μέταλλα γίνονταν με την παρουσία ξυλάνθρακα ήταν πολύ φυσιολογικό να καταλήξει ο Lavoisier στα εξής:

Μεταλλική τέφρα + άνθρακας → μέταλλο + σταθεροποιημένος αέρας

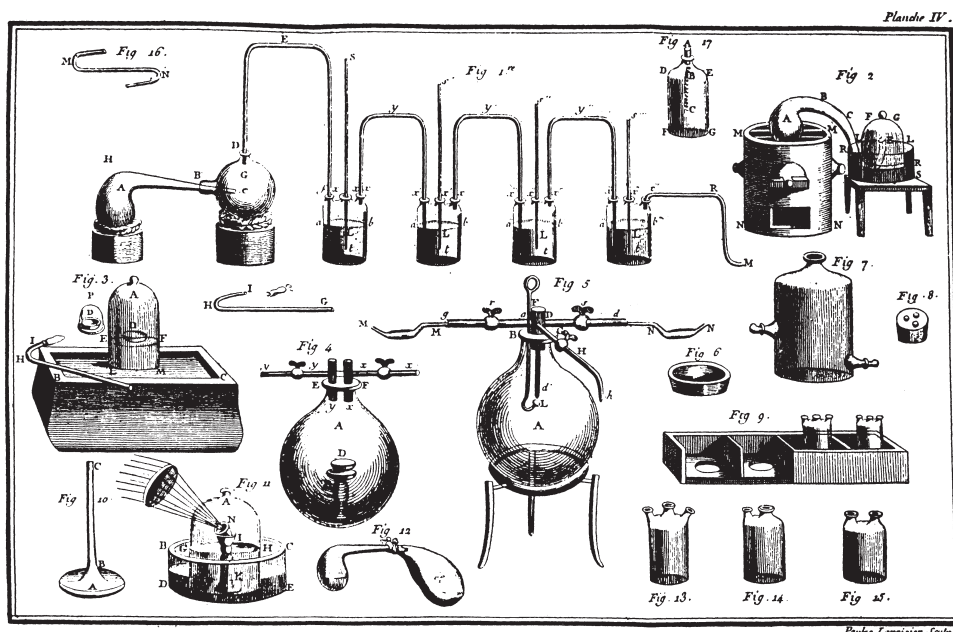
Και για την καύση:

Μέταλλο + σταθεροποιημένος αέρας → Μεταλλική τέφρα

Δύο δεδομένα οδήγησαν το Lavoisier να τροποποιήσει την άποψή του. Ένας φαρμακοποιός στο Παρίσι, ο Pierre Bayen, πληροφόρησε το Lavoisier ότι το κόκκινο ίζημα του υδραργύρου που χρησιμοποιούνταν για την ίαση των αφροδίσιων νοσημάτων ήταν δυνατό να μετατραπεί σε υδράργυρο χωρίς την παρουσία ξυλάνθρακα. Στη διάρκεια δε της καύσης δεν υπήρχε παραγωγή σταθεροποιημένου αέρα. Όπως

σημείωνε ο Bayen, ήταν αδύνατο να ερμηνευτεί αυτό το φαινόμενο με τη θεωρία του φλογιστού. Το δεύτερο ήταν η επίσκεψη του Priestley στο Παρίσι. Το γνωστότερο πείραμα του Lavoisier, το πείραμα «των δώδεκα ημερών», άρχισε λίγο μετά την αναχώρηση του Priestley από το Παρίσι τον Οκτώβριο του 1774 και τη συνάντησή που είχαν, όπου ο Priestley τού είχε εκμυστηρευτεί την ανακάλυψη του «αποφλογιστικοποιημένου αέρα.»

**Σχήμα 5.2**  
Ορισμένα από τα όργανα που χρησιμοποίησε ο Lavoisier για τα πειράματά του.



Το πείραμα ανάγκασε το Lavoisier να αλλάξει τις απόψεις του και να υιοθετήσει μια νέα υπόθεση –όχι όμως ακόμη τη «σωστή»! Τον Απρίλιο του 1775 διαβάζοντας ενώπιον της Ακαδημίας την ανακοίνωσή του με τα συμπεράσματα από τα πειράματά του, δήλωνε πως η καύση ήταν αποτέλεσμα του «καθαρού αέρα» και όχι κάποιου συγκεκριμένου συστατικού του. Όταν η νέα αυτή υπόθεση δημοσιεύτηκε το Μάιο και τη διάβασε ο Priestley, συνειδητοποίησε αμέσως πως ο Lavoisier δεν είχε αντιληφθεί πως ο «αποφλογιστικοποιημένος αέρας» ήταν ένα από τα συστατικά του αέρα. Στο τέλος του 1775 ο Priestley δημοσίευσε ένα βιβλίο όπου αναφερόταν αναλυτικά σε αυτό το σημείο. Αυτό, σε συνδυασμό με πρόσθετα πειράματα, οδήγησε το Lavoisier να προτείνει μία πρώτη μορφή της θεωρίας καύσης που βασιζόταν στο οξυγόνο. Η πρώτη σχετικά σαφής διατύπωση της υπόθεσης ήταν στο κείμενο της πρόχειρης γραφής μιας εργασίας του, που τελικά θα δημοσιευτεί το 1778.

*Η αρχή η οποία ενώνεται με τα μέταλλα στη διάρκεια της οξείδωσής τους, αυξάνει το βάρος τους και αποτελεί συστατικό της μεταλλικής τέφρας δεν είναι τίπο-*

*τα άλλο από το πιο υγιές και καθαρό τμήμα του αέρα και το οποίο μετά την ένωσή του με το μέταλλο μπορεί να απελευθερωθεί και να αναδυθεί σε μία... κατάσταση που είναι πολύ πιο κατάλληλη από τον ατμοσφαιρικό αέρα για να συντηρήσει την καύση.*

Επειδή αυτός ο αέρας δημιουργούσε το ασθενές οξύ, διοξείδιο του άνθρακα, μετά από καύση του άνθρακα και οι μη μεταλλικές ουσίες παρήγαγαν οξέα, ο Lavoisier ονόμασε αυτό το αέριο οξυγόνο, οξυγονούσα αρχή. Στο τέλος της δεκαετίας του 1770 το οξυγόνο ήταν ένα «ανεπαίσθητο» στοιχείο που περιείχε θερμότητα. Αυτή τη θερμότητα την ονόμασε θερμικό (ώστε να τη διαφοροποιήσει από το φλογιστό). Το θερμικό συντηρούσε το οξυγόνο στην αέρια κατάστασή του. Όταν αλληλεπιδρούσε με μέταλλα ή μη μέταλλα, η θερμότητα απελευθερωνόταν από το οξυγόνο και το οξυγόνο ενωνόταν με το υλικό και ήταν η αιτία αύξησης του βάρους του. Τα μέταλλα σχημάτιζαν βασικά οξείδια, τα μη μέταλλα σχημάτιζαν οξέα. Στη διάρκεια της αναπνοής το οξυγόνο βοηθούσε στην καύση των ανθράκων που περιείχαν οι τροφές που είχαμε καταναλώσει και σχημάτιζε διοξείδιο του άνθρακα που μπορούσε να ανιχνευτεί στην αναπνοή. Η διαδικασία της αναπνοής ήταν μία μορφή καύσης.

Διαβάζοντας αυτά δημιουργείται η εντύπωση πως το οξυγόνο με το θερμικό αντικατέστησε κατά κάποιο τρόπο το φλογιστό. Αν όμως μελετήσουμε προσεκτικά τα δύο αυτά «συστατικά», θα βρούμε αρκετές και σημαντικές διαφορές. Υπήρχε απορρόφηση ή εκπομπή του θερμικού σε πολλές χημικές αντιδράσεις και όχι μόνο στη διαδικασία οξείδωσης και μετατροπής της μεταλλικής τέφρας σε μέταλλο, όπως ήταν η περίπτωση με το φλογιστό. Το θερμικό υπήρχε σε όλες τις ουσίες ενώ το φλογιστό δεν υπήρχε στα άφλεκτα υλικά. Όταν πρόσθετε κανείς θερμικό σε μία ουσία, τότε υπήρχε διαστολή ή αλλαγή από στερεό σε υγρό, από υγρό σε αέριο. Σε αντίθεση με το φλογιστό το θερμόμετρο μπορούσε να μετρήσει την ποσότητα του θερμικού. Ο Lavoisier όμως δεν τολμούσε ακόμη να προχωρήσει στην πλήρη κατάρριψη της θεωρίας του φλογιστού. Ο βασικός λόγος ήταν πως η θεωρία του φλογιστού ήταν η μόνη θεωρία που ήταν σε θέση να ξηγήσει μία συγκεκριμένη χημική διεργασία: Η επεξεργασία ενός μετάλλου με οξύ παρήγαγε «εύφλεκτο αέρα». Αν όμως επεξεργαστούμε τη μεταλλική τέφρα του ίδιου μετάλλου με οξύ, τότε δεν παρατηρείται παραγωγή αερίου.

Μέταλλο + διάλυμα οξέος → Διάλυμα άλατος + εύφλεκτος αέρας

[Μεταλλική τέφρα + φλογιστό] [φλογιστό]

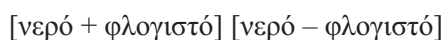
Μεταλλική τέφρα + οξύ → Διάλυμα άλατος

Χρησιμοποιώντας τη θεωρία του Lavoisier δεν ήταν δυνατό να κατανοηθούν αυτές οι αντιδράσεις και, ειδικότερα, να ερμηνευτούν οι λόγοι για τους οποίους έδιναν δια-

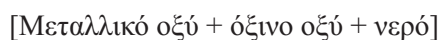
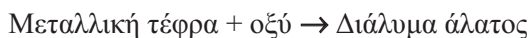
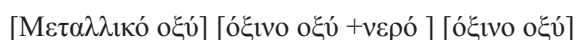
φορετικά προϊόντα. Επίσης η πεποίθηση του Lavoisier ότι η καύση όλων των μη μετάλλων παρήγαγε οξείδια άρχισε να κλονίζεται, αφού η καύση του υδρογόνου δεν παρήγαγε τίποτα ιδιαίτερο. Το «μυστικό» βέβαια ήταν να διαπιστωθεί η παρουσία νερού σε αυτές τις αντιδράσεις. Αλλά, θα πρέπει να σημειωθεί πως στις χημικές αντιδράσεις δημιουργείται υγρασία που είναι παντού και συχνά ήταν δυνατό να παραβλέψει κανείς την παρουσία του νερού μετά από κάποια αντίδραση.

Ο Priestley είχε παρατηρήσει την ύπαρξη νερού μετά την πυροδότηση μείγματος εύφλεκτου αέρα με ατμοσφαιρικό αέρα. Περιέγραψε την ανακάλυψή του στον Cavendish το 1781, και ο οποίος του επιβεβαίωσε τα συμπεράσματά του. Ο Priestley είχε επίσης ανακοινώσει το πείραμά του στον James Watt, ο οποίος κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το νερό ήταν η σύνθεση καθαρού αέρα και φλογιστού. Ο Watt δημοσιοποίησε τα συμπεράσματά του μετά τη δημοσίευση των αποτελεσμάτων του Lavoisier, ο οποίος όμως είχε, στο μεταξύ, πληροφορηθεί για τα πειράματα του Cavendish από το συνεργάτη του Cavendish, Charles Blagden, στη διάρκεια της επίσκεψής του στο Παρίσι το 1783.

Η ερμηνεία του Cavendish ήταν αποκλειστικά στο πλαίσιο της θεωρίας του φλογιστού. Γι' αυτόν το νερό ήταν ένα στοιχείο και όχι ένα σύνθετο σώμα, αφού η παραγωγή του ήταν αποτέλεσμα της εξής διαδικασίας:



Έτσι το υδρογόνο μπορούσε να θεωρηθεί πως ήταν κορεσμένο με φλογιστό και το οξυγόνο να χαρακτηρίζεται ως η πλήρης έλλειψη φλογιστού. Ο Lavoisier όμως στην ίδια αντίδραση διέγνωσε το σύνθετο χαρακτήρα του νερού. Στις 24 Ιουνίου 1783 παρήγαγε νερό μετά την καύση υδρογόνου και οξυγόνου μέσα σε ένα κλειστό δοχείο. Και στη συνέχεια έδειξε την αποσύνθεση του ατμού σε οξυγόνο και υδρογόνο μετά το πέρασμα του ατμού πάνω από πυρακτωμένο σίδηρο. Το 1785 ήταν σε θέση να παράγει μεγάλες ποσότητες υδρογόνου για τη χρήση του στα αερόστατα. Ο Lavoisier ήταν πια σε θέση να δώσει διαφορετική ερμηνεία στην εξίσωση που μονάχα η θεωρία του φλογιστού μπορούσε να ερμηνεύσει.





Με άλλα λόγια το υδρογόνο δεν προερχόταν από το μέταλλο (ας θυμηθούμε ότι οι υποστηρικτές της φλογιστικής θεωρίας πίστευαν ότι το υδρογόνο ήταν το φλογιστό που περιείχε το μέταλλο), αλλά από το νερό, στο οποίο ήταν διαλυμένο το οξύ. Η βαθμιαία αλλαγή των απόψεων του Lavoisier δεν ήταν μονάχα αποτέλεσμα των πειραμάτων που διεξήγαγε για την καύση των μετάλλων και τη σύνθεση και αποσύνθεση του νερού. Είχε επίσης παρατηρήσει πως το οξυγόνο αποτελεί αναγκαίο στοιχείο για την παρασκευή οξέων: με το θείο παρήγαγε θειικό οξύ, με τον άνθρακα διοξείδιο του άνθρακα, με το φώσφορο φωσφορικό οξύ κτλ. Με τα μέταλλα το οξυγόνο οξειδώνει τα μέταλλα. Υπήρχαν βέβαια οξέα που δεν περιείχαν οξυγόνο αλλά θεωρούσε πως αυτά απλώς δεν επιδέχονταν παραπέρα αναλύσεις.

Το 1785 ο Lavoisier ήταν έτοιμος να αρχίσει την ολομέτωπη επίθεσή του στη θεωρία του φλογιστού, κατηγορώντας τους χημικούς ότι είχαν καταστήσει το φλογιστό ως κάτι το ασαφές και αφού δεν ήταν ορισμένο με έναν αυστηρό τρόπο το χρησιμοποιούσαν για να ερμηνεύσουν διαφορετικά φαινόμενα προσδίδοντάς του κάθε φορά διαφορετικές ιδιότητες! Ας επισημάνουμε εδώ ότι για να πειστούν οι χημικοί για την εγκυρότητα της νέας θεωρίας έπρεπε να αλλάξουν τις γενικότερες πεποιθήσεις τους για τη χημεία, αφού η θεωρία του φλογιστού παρέμενε μία επιτυχημένη θεωρία. Ποιες ήταν οι πεποιθήσεις της εποχής που έπρεπε να αλλάξουν; Πρώτον, ότι ο αέρας δεν έπαιρνε μέρος στις χημικές αντιδράσεις. Δεύτερον, ότι ο αέρας ήταν κάτι το στοιχειώδες και ότι δεν αποτελούνταν από πολλά είδη αέρων. Τρίτον, έπρεπε να αποδεχτούν την έννοια της αέριας κατάστασης ως διακριτής κατάστασης της ύλης. Τέταρτον, έπρεπε να αποδεχτούν τη σημασία της ακρίβειας στις διάφορες μετρήσεις ως κριτήριο και για την εγκυρότητα ερμηνευτικών σχημάτων. Όργανα μέτρησης χρησιμοποιούσαν για πολλούς αιώνες οι αλχημιστές και οι φαρμακοποιοί για τη σωστή παρασκευή των διάφορων ουσιών και δεν ήταν κάτι το καινούργιο για τους χημικούς. Τα νέα στοιχεία όμως που αναδεικνύονται από τη χρήση του ζυγού από το Lavoisier ήταν η «εναρμόνιση» της ποσοτικοποίησης με την κυρίαρχη πρακτική των φυσικών, η σχέση της στην οικοδόμηση ενός θεωρητικού πλαισίου και η διαμόρφωση της αρχής της διατήρησης της μάζας, που για πολλές δεκαετίες λειτούργησε ενοποιητικά για τη νέα χημεία. Πέμπτον, θα πρέπει κανείς να κατανοήσει και ένα σύνολο άλλων προβλημάτων στα οποία δόθηκαν λύσεις μέσα από την αλλαγή της ερμηνείας της καύσης. Οι αλλαγές των ιδεών για οξείδωση, για τη σύνθεση της ύλης και την οργάνωση των διάφορων συστατικών αποτελούν ορισμένες από τις επιπτώσεις της νέας θεωρίας καύσης. Τέλος, οι χημικοί έπρεπε να μάθουν να «διαβάζουν» τις διάφορες ουσίες και να αναφέρονται σε αυτές με έναν τρόπο που να αντανακλά τη σύνθεσή τους. Με άλλα λόγια, μαζί με τη νέα θεωρία καύσης, άρχι-

σε να δημιουργείται και η ανάγκη για μία νέα γλώσσα της χημείας.

Κανείς δεν ήταν τόσο ευαίσθητος σε αυτά τα θέματα όσο ο Lavoisier. Κατάλαβε ότι «είχε έρθει η ώρα της χημείας» και πως χωρίς την αναγκαία προπαγάνδα των νέων ιδεών δεν ήταν αυτονόητο πως θα επιταχυνόταν το συνολικότερο πρόγραμμά του. Ήδη από το 1782 ο Guyton συζητούσε την πιο ορθολογική αντιμετώπιση της χημικής ορολογίας, που έως τότε ακολουθούσε την αλχημική παράδοση. Είχε εντυπωσιαστεί από το έργο του Karl Linnaeus και τις ευεργετικές αλλαγές που είχε επιφέρει στη ζωολογία και τη βοτανική. Το 1787 ο Lavoisier μαζί με τους Guyton, Berthollet (1748–1822) και Foucroy (1755–1809) δημοσιεύουν το *Methode de nomenclature chimique* (Η μέθοδος της χημικής ονοματολογίας). Στο βιβλίο αυτό αρχίζει να συντάσσεται η νέα ορολογία της χημείας: οι ουσίες πρέπει να έχουν μία σταθερή ονομασία, η ονομασία πρέπει να αντανakλά τη σύνθεση που θα βασίζεται στη θεωρία του οξυγόνου και τα ονόματα πρέπει να έχουν ελληνικές ή λατινικές ρίζες και να μην είναι κακόφωνα στα γαλλικά. Η βασικότερη όμως παραδοχή ήταν πως εάν μία ουσία δεν ήταν δυνατό να αποσυντεθεί περαιτέρω, τότε τη θεωρούσαν ως απλή και στοιχειώδη και οι ονομασίες που έδιναν στις διάφορες σύνθετες ουσίες βασιζόνταν σε αυτές τις απλές ουσίες. Το βιβλίο αυτό των 300 σελίδων, όπου περίπου το ένα τρίτο ήταν ένα λεξικό και έβρισκε κανείς τις αντιστοιχίες των παλιών ονομάτων με τα νέα, μεταφράστηκε σχεδόν αμέσως στα αγγλικά και γερμανικά.

Το 1789, λίγους μήνες πριν από τη Γαλλική Επανάσταση, ο Lavoisier ιδρύει ένα νέο περιοδικό, το *Annales de Chimie*. Η κυρίαρχη τάση στο περιοδικό που ήδη κυκλοφορούσε, το *Journal de Physique*, ήταν η επιμονή στη φλογιστική θεωρία. Η συντακτική επιτροπή του *Annales de Chimie* αποτελείται εξ ολοκλήρου από υποστηρικτές των απόψεων του Lavoisier: Guyton, Berthollet, Foucroy, G. Monge, A. Seguin, N. Vauquelin. Τα άτομα αυτά σε λίγα χρόνια και παρά τις έντονες κοινωνικές ανακατατάξεις θα είναι οι βασικοί εκπρόσωποι της νέας χημείας.

Το 1787 μεταφράζεται από την κυρία Lavoisier στα γαλλικά το βιβλίο του Richard Kirwan *Essay on Phlogiston* με κριτικές υποσημειώσεις που γράφουν οι υποστηρικτές της νέας και αντι-φλογιστικής χημείας.

Το 1789 εκδίδεται και το βιβλίο του Lavoisier *Traite elementaire de chimie*. Είχε αρχίσει να το σχεδιάζει ανάμεσα στο 1778 και 1780. Μαζί και με το δεκάτομο έργο του Foucroy *Systeme des connaissances chimiques*, που ολοκληρώνεται το 1801, είναι τα δύο βιβλία που θα αποτελέσουν τα υποδειγματικά βιβλία για τη διδασκαλία της χημείας για αρκετές δεκαετίες. Πολλοί ιστορικοί θεωρούν το βιβλίο του Lavoisier να έχει παίξει για τη χημεία έναν αντίστοιχο ρόλο με αυτόν που είχε παίξει το

*Principia...* του Νεύτωνα για τη συγκρότηση της φυσικής. Το βιβλίο ανοίγει με ένα χωρίο που δανείζεται από το βιβλίο Λογικής του Abbe de Condilliac:

*Η γλώσσα είναι ένα εργαλείο ανάλυσης. Δεν μπορούμε να σκεφτούμε χωρίς τη χρήση των λέξεων. Η τέχνη του συλλογισμού εξαρτάται από μία καλά φτιαγμένη γλώσσα.*

Στο βιβλίο περιγράφονται αναλυτικά οι αιτίες που οδηγούν στην απόρριψη της θεωρίας του φλογιστού και παρουσιάζονται όλα τα πειράματα που αναδεικνύουν τον κεντρικό ρόλο του οξυγόνου. Ο Lavoisier εκφράζεται με έναν τρόπο που μας φαίνεται πολύ οικείος «Η χημεία μέσα από διάφορα πειράματα με διάφορες ουσίες στοχεύει στην αποσύνθεσή τους ώστε να μπορεί να εξετάσει ξεχωριστά τις διάφορες ουσίες που τα συνθέτουν». Με αυτό τον τρόπο ξεχώρισε 33 «στοιχειώδεις» ουσίες, ορισμένες από τις οποίες αργότερα θεωρήθηκαν σύνθετες. Στο βιβλίο του συνέχιζε να εκφράζει την πεποίθησή του για την ύπαρξη του θερμικού και ο πίνακας με τις στοιχειώδεις ουσίες περιείχε το φως και το θερμικό. Στο βιβλίο αυτό χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά με ένα συστηματικό τρόπο η αρχή της διατήρησης της μάζας.

Ο Lavoisier είχε από τις αρχές του 1760 αποκτήσει το δικαίωμα μερικής συμμετοχής στα κέρδη που επέφερε η συλλογή φόρων που έκαναν ορισμένοι κεφαλαιούχοι μετά από άδεια του Βασιλιά και οι οποίοι σε αντάλλαγμα έδιναν στην κυβέρνηση ένα καθορισμένο ποσό κάθε χρόνο. Όλες οι μελέτες οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο Lavoisier έπρεπε να έκανε ευσυνείδητα τη δουλειά του, σε αντίθεση με πολλούς άλλους που αποκόμιζαν τεράστια κέρδη από τους φόρους των αγροτών. Ο ίδιος είχε στο παρελθόν εκφράσει την αντίθεσή του στο καθεστώς της βασιλείας και είχε εκδηλωθεί σαφέστατα με το μέρος της Επανάστασης. Στη δίνη της περιόδου της τρομοκρατίας δικάστηκε με συνοπτικές διαδικασίες, καταδικάστηκε σε απαγχονισμό και η ποινή του εκτελέστηκε την επομένη. Ζήτησε, λέγεται, να του δοθεί ένα μικρό περιθώριο για να ολοκληρώσει τα πειράματά του, η αντίδραση όμως του δικαστή ήταν πως η «επανάσταση δεν έχει ανάγκη από επιστήμονες».

## 5.8 Η ατομική θεωρία του Dalton

Παρά τις εργαστηριακές μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας και τον προσανατολισμό των χημικών ότι η επιστήμη τους έπρεπε να είναι όσο το δυνατό ποσοτικοποιημένη, στο τέλος του 18ου αιώνα δεν είχαν ακόμη αναδειχτεί ενοποιητικοί κανόνες ή νόμοι από τους οποίους θα μπορούσαν να γίνουν και προβλέψεις. Π.χ. δεν ήταν ακόμη δυνατό να υπολογιστεί η ακριβής ποσότητα μιας ουσίας που ήταν απαραίτητη για να ολοκληρωθεί μία αντίδραση με τον οικονομικότερο τρόπο. Αυτή η μεγάλη σύνθεση επιτυγχάνεται με την ατομική θεωρία του John Dalton (1766–1844). Αν η συγκρότηση

της χημείας οφείλεται στο έργο του Lavoisier, η δυναμική που αποκτά το 19ο αιώνα ήταν αποτέλεσμα της ατομικής θεωρίας. Η έννοια του ατομισμού δεν ήταν φυσικά κάτι καινούργιο. Παρά την έντονη κριτική του Αριστοτέλη στην ατομική αντίληψη για την ύλη, οι ιδέες του ατομισμού δεν έπαψαν να απασχολούν τους στοχαστές στη διάρκεια του Μεσαίωνα και στη διάρκεια της Επιστημονικής Επανάστασης αποκτήσαν μεγάλο κύρος μέσα από το έργο του Boyle και του Newton. Ο πρώτος μπορούσε να ερμηνεύσει τα πειραματικά αποτελέσματα σχετικά με την πίεση των αερίων με την υπόθεση της ατομικής σύστασης της ύλης, ενώ για το Νεύτωνα τα άτομα που είχε δημιουργήσει ο Θεός δεν ήταν δυνατό να αλλοιωθούν από καμία άλλη δύναμη και τα διαφορετικά μεγέθη και οι διαφορετικές τους μορφές μπορούσαν να συστήσουν τα διαφορετικά σώματα. Ο Newton στο *Principia*... είχε υποθέσει πως τα άτομα της ύλης έλκονται σε σχετικά μικρές αποστάσεις και πως οι δυνάμεις αυτές της έλξης εξαρτώνται από τις συγκεκριμένες ουσίες. Από αυτή την υπόθεση οδηγήθηκε σε μία σχέση ανάμεσα στην πίεση ενός αερίου και την πυκνότητά του.

Η τεράστια συμβολή του Dalton δεν ήταν η αναβίωση της ατομικής υπόθεσης αλλά ότι η υπόθεση αυτή τον οδήγησε στην πεποίθηση πως για να μπορέσει η ατομική υπόθεση να παίζει έναν ενοποιητικό ρόλο στη χημεία έπρεπε να *βρεθούν τα βάρη των ατόμων της κάθε στοιχειώδους ουσίας*. Ας δούμε τώρα μέσα από ποιους συλλογισμούς κατέληξε σε αυτό το συμπέρασμα.

Ας αρχίσουμε από τις βασικές υποθέσεις του Dalton. Πρώτον, θεώρησε πως όλα τα σώματα αποτελούνται από στερεά και αδιαίρετα άτομα. Επίσης δέχτηκε ότι τα άτομα είναι ασυμπίεστα και, υιοθετώντας την άποψη του Lavoisier για το θερμικό, τα άτομα αυτά έχουν γύρω τους μία ατμόσφαιρα θερμότητας, π.χ. το σωματίδιο μιας ουσίας σε αέρια κατάσταση έχει μεγαλύτερη ατμόσφαιρα από το αντίστοιχο σωματίδιο της ίδιας ουσίας σε στερεή κατάσταση. Δεύτερον, ο Dalton, όπως και πολλοί πριν από αυτόν, πίστευε πως οι ουσίες δεν καταστρέφονται και διατηρούν την ταυτότητά τους στη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης. Το ίδιο άρα θα έπρεπε να ισχύει και για τα άτομα που τις απαρτίζουν. Εδώ υπονοείται η διατήρηση της μάζας και των ίδιων στοιχειωδών ουσιών —αλλιώς υπήρχε ο κίνδυνος να αναβιώσουν αλχημικές αρχές, όπως αυτή της μεταστοιχείωσης. Τρίτον, ο Dalton θεώρησε πως υπάρχει ένα χαρακτηριστικό σωματίδιο για κάθε στοιχειώδη ουσία και ο αριθμός τους ήταν τόσος όσες οι στοιχειώδεις ουσίες. Δεν πίστευε —όπως ο Boyle και ο Newton— στην ύπαρξη μιας ομογενούς πρωταρχικής ύλης τα άτομα της οποίας διαφέρουν ως προς το μέγεθος και τη μορφή και πως αυτές οι διαφορές προκαλούν και τα διαφορετικά είδη ουσιών. Ακόμη και αυτό το πλαίσιο υποθέσεων του Dalton δεν ήταν εντελώς απαλλαγμένο από τον κίνδυνο να ενταχτεί στο πλαίσιο ενός μεταφυσικού προβλη-

ματισμού σχετικά με τη δομή της ύλης. Ο μόνος τρόπος που θα του επέτρεπε να αποβάλει τα όποια μεταφυσικά στοιχεία θα ήταν οι υποθέσεις του να οδηγούσαν στην *ανάγκη* να μετρηθούν ορισμένα χαρακτηριστικά αυτών των σωματιδίων. Η μέτρηση του βάρους θα ήταν, αναμφίβολα, μία μεγάλη επιτυχία στην οικοδόμηση του ατομικού του συστήματος *απαλλαγμένο* από οποιαδήποτε μεταφυσική διάσταση.

Δεν ήταν όμως *μονάχα* η διάθεση του Dalton να οικοδομήσει ένα σύστημα ιδεών με πρακτικές επιπτώσεις στη χημεία που τον έκανε να σκέφτεται για το βάρος των ατόμων. Από πολύ μικρός ο Dalton είχε ένα έντονο ενδιαφέρον για τη μετεωρολογία και γενικά για τα καιρικά φαινόμενα. Όταν οι χημικοί έδειξαν ότι ο αέρας δεν είναι ένα ομογενές αέριο αλλά αποτελείται από υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμούς, ανέκυψε το εξής ερώτημα: τι είναι η ατμόσφαιρα, ένα μείγμα όλων αυτών των αερίων ή μία χημική τους ένωση διαλυμένη στους υδρατμούς; Αφού όμως δεχόντουσαν ότι ο αέρας είναι ομογενής και τα διάφορα αέρια δεν είναι διαστρωματωμένα ανάλογα με το ειδικό τους βάρος, οι περισσότεροι χημικοί πίστευαν πως είναι μία χημική ένωση των συστατικών της.

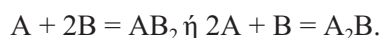
Από τη μελέτη των *Principia...* του Νεύτωνα και την απόδειξή του για τη σχέση ανάμεσα στην πίεση και την πυκνότητα (και άρα τον όγκο) αερίου με την υπόθεση των ατόμων που απωθούνται, ο Dalton άρχισε να αμφισβητεί την κυρίαρχη άποψη σχετικά με το χαρακτήρα της ατμόσφαιρας. Ήδη από το 1793 και σαν αποτέλεσμα των μετεωρολογικών του μελετών, ο Dalton ήταν πεισμένος πως οι υδρατμοί διατηρούσαν την ταυτότητά τους στον αέρα και ήταν διαχυμένοι ανάμεσα στα άλλα αέρια και μπορούσαν να συμπυκνωθούν σε βροχή. Αν λοιπόν οι υδρατμοί δε συμμετείχαν σε χημικές ενώσεις, γιατί θα έπρεπε τα αέρια να συμπεριφέρονται με διαφορετικό τρόπο; Ο Dalton δέχτηκε το μοντέλο του Νεύτωνα για τα απωθούμενα άτομα και προσθέτοντας την υπόθεση πως στις μείξεις αερίων τα άτομα ενός αερίου δεν επηρεάζουν (δεν απωθούν δηλαδή) τα άτομα ενός άλλου αερίου, απέδειξε πως κάθε αέριο θα συμπεριφερόταν σαν να ήταν σε κενό, «αγνοώντας» δηλαδή τα άλλα αέρια. Επειδή λοιπόν τα άτομα του κάθε αερίου απωθούνται, τότε διασκορπίζονται ανάμεσα στα άτομα των άλλων αερίων και άρα η ατμόσφαιρα είναι ένα ομογενές μείγμα όλων των αερίων. Το πρόβλημα των σωματιδίων από θερμικό μπορούσε να θεωρηθεί και η αιτία της απώθησης. Η επίλυση του προβλήματος των αερίων στην ατμόσφαιρα οδήγησε τον Dalton στη διατύπωση του νόμου των μερικών πιέσεων —ότι όταν δύο ή περισσότερα αέρια τα οποία δεν αντιδρούν χημικά αναμειγνύονται σε ένα δοχείο, τότε η πίεση που ασκείται από το μείγμα των αερίων είναι το άθροισμα των πιέσεων που θα ασκούσε κάθε αέριο ξεχωριστά, αν η ίδια ποσότητα αερίου (με αυτή που είχε στο μείγμα) ήταν εγκλεισμένη σε δοχείο του ίδιου όγκου με το δοχείο που περιέχει το μείγμα.

Ο Dalton δημοσίευσε αυτές του τις απόψεις το 1801. Πολλοί δεν πείστηκαν. Η παραδοχή ότι το θερμικό που υπήρχε γύρω από τα άτομα ενός αερίου δεν αλληλεπιδρούσε με τα άτομα ενός άλλου, διαφορετικού αερίου δεν ήταν πειστική. Γιατί να μην υποθέσει κανείς ότι υπήρχαν διαφορετικά είδη —τόσα όσα και τα διαφορετικά αέρια— απωθητικών δυνάμεων και πως το θερμικό δεν έπαιζε κανένα ρόλο; Η απάντηση του Dalton ήταν πως αν θεωρηθεί ότι το κάθε σωματίδιο είχε διαφορετικό μέγεθος και το μέγεθος ήταν συνάρτηση του όγκου και της ακτίνας του θερμικού γύρω του, τότε «δεν ήταν δυνατό να υπάρχει ισορροπία με άτομα διαφορετικών μεγεθών, όση και αν είναι η πίεση του ενός στα άλλα.» Αφού το αποτέλεσμα αυτό εξαρτιόταν μόνο από το μέγεθος των σωματιδίων, τα διαφορετικά άτομα θα «αγνοούσαν» το ένα το άλλο ανεξάρτητα από το αν τα περιέβαλε το θερμικό.

Ανάμεσα στο 1801 που δημοσίευσε την αρχική του θεωρία για την ατμόσφαιρα και το 1804 που δημοσίευσε την απάντησή του στις αντιρρήσεις που διατυπώθηκαν για τη θεωρία του, άρχισε να μορφοποιείται στη σκέψη του Dalton ο ρόλος που έπρεπε να έχουν τα μεγέθη των σωματιδίων και άρα ο προσδιορισμός των βαρών. Το 1803, ένας φίλος του Dalton, ο William Henry (1774–1836), είχε ανακαλύψει πως η διαλυτότητα ενός αερίου στο νερό (σε σταθερή θερμοκρασία) εξαρτάται αποκλειστικά από την πίεση του αερίου στην επιφάνεια του νερού. Άρα η διάλυση του αερίου ήταν ένα μηχανικό φαινόμενο. Ο Henry είχε επίσης ανακαλύψει πως για να μείνει διαλυμένο στο νερό ένα αέριο έπρεπε να ήταν το νερό σκεπασμένο μόνο από το συγκεκριμένο αέριο.

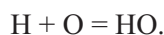
Ο Dalton άρχισε να αναρωτιέται για ποιους λόγους διαφορετικά αέρια είχαν διαφορετική διαλυτότητα. Γιατί τα στοιχειώδη αέρια, όπως το υδρογόνο και το οξυγόνο, ήταν τα λιγότερα διαλυτά και τα σύνθετα, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, ήταν πολύ διαλυτά; Μήπως η διαλυτότητα ήταν συνάρτηση της πυκνότητας; «Είμαι σχεδόν πεισμένος ότι [το φαινόμενο] εξαρτάται από το βάρος και τον αριθμό των στοιχειωδών σωματιδίων του κάθε αερίου» έγραφε το 1803. Τον ίδιο χρόνο δήλωνε πως θα προχωρήσει στη μελέτη του «σχετικού βάρους των στοιχειωδών σωματιδίων των σωμάτων... κάτι που, όσο γνωρίζω, είναι εντελώς καινούργιο». Άρχισε λοιπόν να προσδιορίζει το σχετικό βάρος των ατόμων, με στόχο να βρει τα μεγέθη τους μέσω του ορισμού της πυκνότητας και να προσδιορίσει ατομικές ακτίνες και όγκους των ατόμων, ώστε να ελέγξει την υπόθεση που έκανε σχετικά με τη διαλυτότητα των αερίων στο νερό. Παρά όμως το γεγονός ότι κατάφερε να μετρήσει το σχετικό βάρος αρκετών ατόμων και να υπολογίσει τις υπόλοιπες παραμέτρους, δεν μπόρεσε να καταλήξει σε κάποιους συσχετισμούς ή κάποιες σχετικά απλές κανονικότητες ανάμεσα στα μεγέθη αυτά και τη διαλυτότητα των αερίων.

Για να προχωρήσει στη μέτρηση των σχετικών βαρών, ο Dalton έπρεπε να προχωρήσει σε ορισμένες πρόσθετες υποθέσεις για το πώς τα άτομα ενώνονται και δημιουργούν πιο σύνθετα άτομα [η έννοια του μορίου δεν είχε ακόμη προταθεί]. Υπέθεσε πως αν υπάρχει μονάχα ένα είδος ένωσης δύο σωμάτων, τότε αυτή πρέπει να είναι του τύπου  $A + B = AB$  (δυαδική όπως την αποκάλεσε ο Dalton) και όχι  $A_2B_2$ . Για τους υπολογισμούς θα προτιμάται ο απλούστερος τύπος. Αν παρατηρηθεί πως κάποια σώματα έχουν δύο είδη ενώσεων, τότε αυτές πρέπει να είναι η δυαδική της μορφή και μία από τις παρακάτω τριαδικές μορφές:



Ο Dalton προχώρησε και σε άλλες υποθέσεις, όπως  $CD + DE = CD_2E$ . Παρά το γεγονός ότι οι υποθέσεις αυτές οδήγησαν σε πολλά «λάθος συμπεράσματα», έπαιξαν ένα θετικό ρόλο, αφού έγινε δυνατή η μέτρηση των σχετικών βαρών.

Ήταν γνωστό πως το υδρογόνο και το οξυγόνο παρήγαγαν νερό. Μάλιστα έως το 1815—όταν ανακαλύφτηκε το οξυγονούχο νερό—ήταν η μόνη γνωστή ένωση αυτών των ουσιών. Με τα σημερινά σύμβολα ο Dalton έκανε την υπόθεση πως



Από άλλες αναλύσεις (κυρίως του Guy–Lussac) είχε βρεθεί πως 87.4 τμήματα κατά βάρος οξυγόνου ενώνονταν με 12.6 τμήματα υδρογόνου. Άρα το  $12.6/87.4$  έπρεπε να είναι και ο λόγος των βαρών των δύο ατόμων. Θεωρώντας πως το υδρογόνο είναι η πιο ελαφριά ουσία, ο Dalton έχρισε το βάρος του ατόμου του υδρογόνου ως τη μονάδα για τον προσδιορισμό των σχετικών βαρών των άλλων ατόμων. Έτσι προσδιορίστηκε το σχετικό βάρος του ατόμου του οξυγόνου σε 7.

Το πιο γνωστό έργο του Dalton είναι το *A New System of Chemical Philosophy*. Ο πρώτος τόμος εκδόθηκε το 1808, ο δεύτερος το 1810 και ο τρίτος το 1827. Η ατομική του όμως θεωρία δημοσιοποιήθηκε για πρώτη φορά μέσα από το έργο του Thomas Thomson (1773–1852) *A System of Chemistry* το 1807 μετά τις συζητήσεις που είχαν ο Dalton και ο Thomson, όταν ο δεύτερος έγινε ένας από τους πιο ενθουσιώδεις υποστηρικτές και προπαγανδιστές της ατομικής θεωρίας.

Στον πίνακα που παραθέτουμε δημοσιεύονται οι τιμές των σχετικών βαρών που είχε μετρήσει και υπολογίσει ο Dalton με βάση τις υποθέσεις του και η τελευταία στήλη έχει τις «σωστές» τιμές. Παρατηρούμε πως δεν υπάρχει συμφωνία σε καμία τιμή, κάτι που είναι κυρίως αποτέλεσμα των απλοϊκών υποθέσεων του Dalton. Παρά όμως αυτές τις μεγάλες διαφορές από τις «σωστές» τιμές, οι υποθέσεις του Dalton και η μεθοδολογία, που αυτές οι υποθέσεις υπαγόρευαν, οδήγησαν στην καθιέρωση του ατομισμού.

**Πίνακας***Πίνακας με σχετικά βάρη*

	1803	1808	1810	Σημερινές τιμές
Υδρογόνο	1	1	1	1...
Άζωτο	4,2	5	5	14...
Άνθρακας	4,3	5	5,4	12...
Οξυγόνο	5,5	7	7	16...
Φωσφόρος	7,2	9	9	19...
Θείο	14,4	13	13	32...
Σίδηρος		38	50	56...
Ψευδάργυρος		56	56	65...
Χαλκός		56	56	63...
Μόλυβδος		95	95	207...

Στη διάρκεια του 18ου αιώνα ο τεράστιος αριθμός πειραμάτων και μετρήσεων με ολοένα μεγαλύτερη ακρίβεια οδήγησε στη διατύπωση ορισμένων εμπειρικών νόμων. Παρά το γεγονός ότι είμαστε συνηθισμένοι να αποκαλούμε αυτές τις κανονικότητες «νόμους» αφού *στη συνέχεια* έγινε δυνατό να ερμηνευτούν με βάση την ατομική υπόθεση, θα ήταν πιο σωστό να τις αποκαλούμε κανόνες. Στη χημεία συχνά γίνεται χρήση αντίστοιχων κανόνων που προκύπτουν μέσα από πολλές παρατηρήσεις. Και στην ιστορία της χημείας η χρησιμοποίηση των κανόνων που έχουν βρεθεί με εμπειρικό τρόπο από τους χημικούς, χωρίς να νοιάζονται για την ερμηνεία ή τον τρόπο με τον οποίο προκύπτουν μέσα από μαθηματικές διεργασίες, αποτελεί τον κανόνα —και όχι την εξαίρεση— της επιστημονικής τους συμπεριφοράς και της εργαστηριακής τους πρακτικής. Αυτό δε θα πρέπει να θεωρηθεί πως η χημεία δεν είναι τόσο «τέλεια επιστήμη» όπως η φυσική ούτε ότι οι χημικοί δεν είναι τόσο απαιτητικοί από την επιστήμη τους όσο οι φυσικοί αλλά ούτε και ότι είναι πιο «τσαπατσούληδες» απ' ό,τι οι φυσικοί. Η αποδοχή των εμπειρικών κανόνων πριν ακόμη γίνει δυνατή η ερμηνεία τους αποτελεί συστατικό στοιχείο της *χημικής κουλτούρας*, η οποία σε πολλά σημεία όχι μόνο διαφοροποιείται αλλά έρχεται και σε αντίθεση με την κουλτούρα της φυσικής και των φυσικών. Τα παραπάνω γράφονται για να εντοπιστεί μία προκατάληψη, που ορισμένες φορές φαίνεται και στη μελέτη της ιστορίας αλλά κυρίως της φιλοσοφίας των επιστημών: Συχνά η φυσική θεωρείται ως η κορωνίδα των επιστημών και μέσα από την αφήγηση της ιστορίας των υπόλοιπων επιστημών δίνεται η εντύπωση πως η ιστορία τους είναι η προσπάθεια των ατόμων που ασχολούνται με αυτές τις επι-



στήμες να εναρμονίσουν τις θεωρίες και πρακτικές τους με αυτές της φυσικής. Αυτό, όπως είπαμε, αποτελεί μια δική μας προκατάληψη και η μελέτη της ιστορίας των επιμέρους επιστημών δε φανερώνει κάτι τέτοιο. Τέτοιες προκαταλήψεις βέβαια δε βοηθούν ούτε την ανάδειξη των αυτόνομων χαρακτηριστικών, αλλά ούτε και την κατανόηση της ιστορικής ιδιαιτερότητας της κάθε επιστήμης.

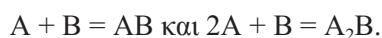
Ας επανέλθουμε όμως στους νόμους που είχαν διατυπωθεί μέσα από τις εμπειρικές παρατηρήσεις, η ερμηνεία των οποίων στη συνέχεια με βάση την ατομική υπόθεση αποτέλεσε τον πρώτο θρίαμβο αυτής της υπόθεσης. Πέντε νόμοι ουσιαστικά «συνόψιζαν» διάφορες κανονικότητες που είχαν βρεθεί στη χημεία. Οι νόμοι αυτοί ήταν:

- Ο νόμος της διατήρησης της μάζας
- Ο νόμος των σταθερών αναλογιών
- Ο νόμος των πολλαπλών λόγων
- Ο νόμος των αντίστροφων λόγων
- Ο νόμος των αέριων όγκων

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ο Lavoisier είχε κάνει εκτενή χρήση του νόμου της διατήρησης των μαζών: Τίποτα δεν μπορεί να δημιουργηθεί και σε κάθε χημική διεργασία υπάρχει τόση ποσότητα ύλης πριν από την όποια αντίδραση όση και μετά –υπάρχει μονάχα αλλαγή ή διαφοροποίηση της μορφής της ύλης.

Ο νόμος των «σταθερών αναλογιών» είχε προταθεί για πρώτη φορά από τον J.L.Proust (1754–1826) το 1799: Οι ενώσεις ανάμεσα σε στοιχειώδεις ουσίες γίνονται πάντοτε με συγκεκριμένες αναλογίες των βαρών τους, ώστε η σύσταση μιας σύνθετης ουσίας είναι ανεξάρτητη από τον τρόπο που γίνεται η παρασκευή της. Με άλλα λόγια κάθε σύνθετη ουσία περιέχει πάντοτε τα ίδια στοιχεία και τα οποία είναι συνδυασμένα με τις ίδιες πάντοτε αναλογίες βαρών.

Ο νόμος των «πολλαπλών λόγων» είχε την εξής διατύπωση: Όταν σχηματίζονται δύο ή περισσότερες ενώσεις από τα ίδια δύο στοιχεία, τα διαφορετικά βάρη του ενός που ενώνεται με σταθερό βάρος του άλλου σχηματίζουν απλούς λόγους. Ο νόμος αυτός ήταν αποτέλεσμα των εργασιών του Dalton κυρίως πάνω στην εθάνη  $C_2H_4$  και τη μεθάνη  $CH_4$ . Και οι δύο αυτές ουσίες περιέχουν μονάχα υδρογόνο και άνθρακα. Ο Dalton βρήκε πως η μεθάνη είχε διπλάσια ποσότητα υδρογόνου σε σχέση με τον άνθρακα απ' ό,τι η εθάνη. Έκανε χρήση των αρχικών του υποθέσεων πως, αν δύο ουσίες έχουν δύο διαφορετικές ενώσεις, τότε οι ενώσεις αυτές πρέπει να είναι του τύπου



και κατέληξε πως το βάρος των ατόμων του Α και το βάρος των ατόμων του Β θα έχουν το λόγο  $\frac{1}{2}$ . Ένα από τα άτομα που είχαν πειστεί για την ατομική θεωρία του Dalton ήταν ο Σουηδός Jons Jacob Berzelius (1779–1848), στον οποίο οφείλουμε τη συστηματική και με μεγάλη ακρίβεια μέτρηση πολλών ατομικών βαρών. Ας σημειώσουμε πως, όταν ο Berzelius πρωτοδιάβασε για την ατομική θεωρία, έγραψε στον Dalton λέγοντας πως «η θεωρία των «πολλαπλών λόγων» είναι ένα μυστήριο χωρίς την ατομική υπόθεση».

Ο τρίτος νόμος ήταν ο νόμος των «ισοδύναμων αναλογιών»: Τα βάρη δύο ή περισσότερων ουσιών, οι οποίες αντιδρούν χημικά ξεχωριστά η καθεμία με μία τρίτη ουσία, σχετίζονται με λόγους μικρών αριθμών που είναι αποτέλεσμα της χημικής ένωσης μεταξύ των δύο ή περισσότερων αρχικών ουσιών. Ο Jeremias Richter (1762–1807), που ήταν μαθητής του Καντ και είχε σπουδάσει μαθηματικά, ήταν ο πρώτος που κατέδειξε αυτό τον κανόνα. Το 1792 μελετώντας πώς ένα δείγμα οξέος με συγκεκριμένο βάρος γινόταν ουδέτερο με διαφορετικές ποσότητες διαφορετικών βάσεων και θεωρώντας ως μονάδα το θείο, βρήκε τα βασικά ισοδύναμα που μπορούν να εξουδετερώσουν οξέα.

Ο Cavendish είχε παρατηρήσει ότι για την παραγωγή νερού η αναλογία των όγκων του οξυγόνου και του υδρογόνου ήταν ίση με 1:2. Το 1805 ο Alexander von Humbolt και ο Joseph Louis Gay-Lussac επιβεβαίωσαν αυτό το αποτέλεσμα. Ο Guy-Lussac, εντυπωσιασμένος με αυτή τη σχέση των μικρών αριθμών, άρχισε να πειραματίζεται και με άλλες αντιδράσεις ανάμεσα σε αέρια και το 1808 ανακάλυψε το νόμο των αέριων όγκων: Όταν αέρια παίρνουν μέρος σε χημικές αντιδράσεις, οι όγκοι των αερίων που αντιδρούν και οι όγκοι των προϊόντων της αντίδρασης —σε περίπτωση που είναι και αυτά αέρια— είναι σε λόγους μικρών αριθμών.

Αυτές οι παρατηρήσεις οδήγησαν τον Amadeo Avogadro (1776–1856) το 1811 να προτείνει έναν τρόπο με βάση τον οποίο θα μπορούσαν να μετρηθούν και να υπολογιστούν τα ατομικά βάρη με μεγάλη ακρίβεια. Η πρότασή του ήταν πως αέρια με ίδιο όγκο (και προφανώς σε ίδια θερμοκρασία) περιείχαν ίσο αριθμό μορίων. Άρα θα μπορούσε να βρεθεί με μεγάλη ακρίβεια το μοριακό βάρος ενός αερίου χρησιμοποιώντας την τιμή για την πυκνότητα του συγκεκριμένου αερίου, που ήταν πολύ πιο εύκολο να μετρηθεί. Η πρόταση του όμως δεν εκτιμήθηκε επαρκώς παρά μόνο δύο χρόνια μετά το θάνατό του από το συμπατριώτη του S. Cannizzaro (1826–1910) και στη συνέχεια άρχισε να χρησιμοποιείται εκτεταμένα από τους χημικούς.

## 5.9 Συμπεράσματα

Ας εντοπίσουμε ορισμένα σημεία που είναι χαρακτηριστικά στην ιστορία της χημείας το 18ο αιώνα γύρω από τα οποία συγκροτούνται και οι σύγχρονες ιστοριογραφικές προσεγγίσεις.

Μία από τις γονιμότερες πρόσφατες επεξεργασίες στην ιστορία της επιστήμης είναι και η αναθεώρηση του θεσμού των εργαστηρίων. Η ιστορία των εργαστηρίων δεν είναι πλέον μονάχα η ιστορία εκείνων των χώρων όπου επιβεβαιώνονται οι θεωρίες και εντοπίζονται τα νέα φαινόμενα. Τα εργαστήρια μετατρέπονται σε εκείνους τους χώρους που συνυπάρχουν ο κόσμος της φύσης με τον κόσμο των φυσικών και των χημικών. Κατά μία έννοια τα εργαστήρια είναι η κατάληξη της φύσης και ο χώρος όπου οι φυσικοί και οι χημικοί προσπαθούν να χειριστούν τη φύση. Είναι ένας χώρος όχι απόλυτης σαφήνειας, που νομίζαμε τόσα χρόνια. Είναι ένας χώρος όπου οι φυσικοί και οι χημικοί προσπαθούν να στριμώξουν τη φύση στο δικό τους κόσμο που δεν προσδιορίζεται μόνο από τις θεωρίες τους αλλά και από τις προκαταλήψεις τους, τις δυνατότητες και τους περιορισμούς των οργάνων τους αλλά και την ελευθερία τους να πειραματιστούν με νέες τεχνικές. Ο χώρος των εργαστηρίων όμως είναι ταυτόχρονα και ο χώρος όπου αντιστέκεται η φύση. Το εργαστήριο γίνεται ο χώρος αυτής της άρρητης διαπραγμάτευσης ανάμεσα στη φύση και στους επιστήμονες, γίνεται ένας χώρος διαμεσολάβησης. Και για όλους αυτούς τους λόγους το εργαστήριο έχει ιστοριογραφικά μετατραπεί στο χώρο γένεσης νέων πρακτικών, στο χώρο διαμόρφωσης της κουλτούρας ενός επιστημονικού κλάδου.

Η ριζική αναθεώρηση του θεσμού των εργαστηρίων μάς αναγκάζει να μην υποτιμάμε τη σημασία των τοπικών ιδιαιτεροτήτων στη διαμόρφωση της καθολικότητας που έχει ο λόγος της επιστήμης και των διάφορων κλάδων της. Σε κανέναν άλλο κλάδο αυτό το στοιχείο δεν είναι τόσο έντονο όσο είναι στη χημεία: Σκοτσέζοι, Άγγλοι, Ολλανδοί, Σουηδοί, Γερμανόφωνοι, και Γάλλοι διαφωνούν για πρωτιές και ταυτόχρονα οι τεχνικές που αναπτύσσουν και τα πειραματικά τους αποτελέσματα αλληλοσυμπληρώνονται. Και όλοι προσπαθούν να πείσουν για την υπεροχή του δικού τους τρόπου προσέγγισης των φαινομένων, όχι μόνο μέσα από την έκθεση των αποτελεσμάτων τους αλλά και μέσα από διαφορετικές νομιμοποιητικές δραστηριότητες.

Σε ελάχιστες άλλες περιπτώσεις έχουμε να κάνουμε με μία τόσο συνειδητή ενορχήστρωση αυτών των νομιμοποιητικών δραστηριοτήτων, όπως αυτές που επέλεξε να προωθήσει ο Lavoisier μαζί με τον πρώτο πυρήνα των υποστηρικτών της νέας χημείας. Η δημοσίευση του εγχειριδίου με τη νέα ορολογία δεν ήταν μία προσπάθεια δημιουργίας ενός ευρετηρίου, αλλά καθιέρωσης ενός νέου τρόπου σκέψης για τη σύνθεση των ουσιών. Η μετάφραση ενός αντίθετου στη θεωρία του βιβλίου, που μόλις είχε δημοσιευτεί σε άλλη γλώσσα (και άρα οι θιγόμενοι δε θα ήταν άμεσα εμπλεκόμενοι με το βιβλίο), δεν ήταν κάποια έκφραση του φιλελευθερισμού του και της διάθεσής του να συνυπάρχουν όλες οι απόψεις, αλλά αποτελούσε μία ευκαιρία να εντοπιστούν οι αδυναμίες της θεωρίας μέσα από τη συστηματική κριτική που παρου-

σιαζόταν με τις εκτεταμένες υποσημειώσεις. Η δημιουργία ενός νέου περιοδικού με συντακτική επιτροπή από άτομα που ήταν υποστηρικτές της νέας χημείας δεν αποτελούσε μία κίνηση αδυναμίας, επειδή όλοι αυτοί δεν ήταν σε θέση να δημοσιεύσουν άρθρα τους στα ήδη υπάρχοντα περιοδικά, αλλά μία έκφραση της διάθεσης για πολεμική, μία έκφραση ότι δεν είναι δυνατό να συνυπάρχουν το παλιό με το νέο. Η συγγραφή του μνημειώδους *Traite elementaire...* αλλά και των βιβλίων που σχεδόν ταυτοχρόνως εμφανίστηκαν από τους υποστηρικτές της νέας χημείας εξέφραζαν και την προσπάθεια να συστηματοποιηθούν και να υπάρχουν εγχειρίδια για όλους όσοι θα ήθελαν να μάθουν, να διδάξουν και να χρησιμοποιήσουν τη νέα χημεία. Τέλος, η δημιουργία μιας νέας τάξης στην Ακαδημία Επιστημών, που ουσιαστικά έδινε στις πειραματικές επιστήμες το ίδιο κύρος με αυτό των μαθηματικών, αποτελούσε μία πρόσθετη διάσταση της συνολικής στρατηγικής του Lavoisier.

Σαν τελευταίο, ας τονίσουμε ότι οι νομιμοποιητικές αυτές δραστηριότητες είχαν ένα δημόσιο χαρακτήρα και δεν απευθύνονταν μονάχα στο στενό κύκλο των χημικών. Οι γιατροί, οι φαρμακοποιοί, τα άτομα που ασχολούνταν με την εκμετάλλευση των ορυχείων και τη μεταλλουργία, όσοι είχαν βιοτεχνίες κεραμικών όπου κατασκευάζονταν πολλά από τα οικιακά σκεύη και πολλοί άλλοι ήταν υποχρεωμένοι να παρακολουθούν τις εξελίξεις στη χημεία. Η χημεία —σε αντίθεση με την αστρονομία αλλά και, ως ένα βαθμό, τη φυσική— είχε αναδειχτεί ως η κατεξοχήν «χρήσιμη επιστήμη»: Χρήσιμη για την επίλυση προβλημάτων που αφορούσαν την κοινωνία και το στρατό, χρήσιμη για να μπορούν τα νέα κοινωνικά στρώματα να αποκομίζουν περισσότερα κέρδη. Δεν πρέπει να είναι τυχαίο ότι η συγκρότηση της χημείας γίνεται σε μία εποχή κοινωνικών ανακατατάξεων, όπου αρχίζουν να φαίνονται τα ευεργετήματα της επιστήμης, αρχίζει να παίρνει σοβαρές διαστάσεις ο έλεγχος του ανθρώπου πάνω στη φύση και η εκμετάλλευση της φύσης γίνεται για να ωφεληθούν οι πολλοί ώστε να κυριαρχήσουν οι λίγοι.

### Σύνοψη

Στο πρώτο τμήμα αυτού του κεφαλαίου συζητούνται ορισμένα από τα χαρακτηριστικά της χημείας και της αλχημικής παράδοσης και περιγράφεται η θεωρία του φλογιστού. Η θεωρία του φλογιστού για την οξείδωση των μετάλλων μετά την καύση τους και τη μετατροπή τους πάλι σε μέταλλο μετά την επαφή τους με πυρακτωμένο ξυλάνθρακα βασίστηκε στην έννοια των αβαρών ρευστών. Τα ρευστά αυτά μετέφεραν ιδιότητες (θερμότητα, ηλεκτρισμό), αλλά δεν είχαν μία υλική υπόσταση, ενώ ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή τους τα μαθηματικά μοντέλα που είχαν

αναπτύχτει για τα πραγματικά ρευστά, όπως ήταν το νερό και ο αέρας. Στη συνέχεια μελετάμε τα πειράματα που είχαν γίνει στις αρχές του 18ου αιώνα, για να προσδιοριστεί με ακρίβεια αυτό που μετράει το θερμόμετρο. Η παρατήρηση πως ο πάγος δελιώνει αμέσως μόλις η θερμοκρασία του περιβάλλοντός του περάσει το σημείο τήξης του οδήγησε τον Joseph Black —στο πλαίσιο της θεωρίας του φλογιστού— σε μία σειρά από πειράματα μέσα από τα οποία κατάφερε να συγκεκριμενοποιήσει το χαρακτηριστικό της θερμοχωρητικότητας των σωμάτων. Μία άλλη ανακάλυψη που συνέβαλε στη συγκρότηση της σύγχρονης χημείας ήταν η δυνατότητα από το Hales να απελευθερώσει αέρια που ήταν «κρυμμένα» σε στερεά. Και ο Black για πρώτη φορά κατάφερε να μετρήσει το βάρος ενός αερίου. Στη συνέχεια περιγράφουμε τα πειράματα με τα οποία έγινε δυνατή η απομόνωση του φλογιστικοποιημένου αέρα (άζωτο), του αποφλογιστικοποιημένου αέρα (οξυγόνου) αλλά και του υδρογόνου. Μέσα από εξαιρετικά κοπιαστικές και ακριβείς μετρήσεις ο Lavoisier κατόρθωσε να ανατρέψει το ερμηνευτικό σχήμα με το φλογιστό και να επιχειρηματολογήσει ότι η καύση δε σχετίζεται με την απελευθέρωση του φλογιστού αλλά αντιθέτως με την απορρόφηση του οξυγόνου, το οποίο ήταν μία υλική ουσία και άρα με μετρήσιμα χαρακτηριστικά. Μαζί με άλλους χημικούς που υποστήριζαν τη θεωρία του προχώρησε στη συγγραφή νέων χειριδίων και στην καθιέρωση νέας ομογενοποιημένης ορολογίας. Με την ατομική υπόθεση που διατύπωσε ο Dalton στις αρχές του 19ου αιώνα έγινε δυνατή η κατανόηση — με έναν ενιαίο τρόπο— των διαφορετικών κανόνων που είχαν εμπειρικά διαπιστωθεί, όπως και η μέτρηση των ατομικών βαρών.

### Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης

1. Ποιες ήταν οι αντιρρήσεις στις πρώτες προσπάθειες για να διαπιστωθεί η σχέση ανάμεσα στη θερμοκρασία και τη θερμότητα;
2. Περιγράψτε τα πειράματα με τα οποία συγκεκριμενοποιήθηκε η ιδιότητα της θερμοχωρητικότητας.
3. Τι ήταν τα αβαρή ρευστά; Γιατί ήταν τόσο βολικά στη χρήση τους ως ερμηνευτικά σχήματα; Σε μία εποχή, στην οποία η επιστήμη προσπαθούσε να απαλλαγεί από ο,τιδήποτε μεταφυσικό και μυστικιστικό, πώς εξηγείτε την επιτυχία του μοντέλου με τα αβαρή ρευστά;
4. Ποια ήταν η θεωρία του φλογιστού;
5. Τι συνιστά τη μελέτη των αερίων και τι είναι ο σταθεροποιημένος αέρας;
6. Πώς ανακαλύφτηκε ο «αποφλογιστικοποιημένος αέρας»;

7. Πώς ανακαλύφτηκε ο «φλογιστικοποιημένος αέρας»;
8. Πώς κατέληξε ο Lavoisier στην πεποίθηση ότι το νερό δε μετουσιώνεται σε γη;
9. Ποια πειράματα άρχισαν να πείθουν το Lavoisier για τη σημασία του οξυγόνου στην καύση;
10. Ποια ήταν η θεωρία του Lavoisier για την καύση;
11. Προς ποιες κατευθύνσεις άρχισε να δραστηριοποιείται ο Lavoisier για να καθιερώσει τη νέα του θεωρία, αλλά και τη νέα χημεία που προέκυπτε από αυτήν;
12. Διατυπώστε την ατομική υπόθεση του Dalton.
13. Πώς ο Dalton οδηγήθηκε στην ανάγκη μέτρησης των ατομικών βαρών;
14. Ποιοι ήταν οι εμπειρικοί κανόνες που έγινε δυνατό να εξηγηθούν με βάση την ατομική υπόθεση; Πώς τελικά εξηγήθηκαν;

## Δραστηριότητες

1. Η θεωρία του θερμικού ρευστού προϋπέθετε τη διατήρησή του: Δεν ήταν δηλαδή δυνατό να «χάνεται» το ρευστό ή να «παράγεται» από το τίποτα –αλλά υπήρχε μετακίνησή του. Άρα δεν μπορούσε να υπάρχει αέναη παροχή. Πολλοί ιστορικοί θεωρούν το πείραμα του Ράμφορντ ως «κρίσιμο πείραμα». Τι ακριβώς σημαίνει αυτό; Διαβάζοντας ορισμένα από τα συγγράμματα στη φιλοσοφία της επιστήμης, σχολιάστε αυτό το χαρακτηρισμό. Τι είδους προβλήματα προκύπτουν για τους ιστορικούς με αυτή την έννοια, όταν ένα πείραμα θεωρείται κρίσιμο όχι όταν εκτελείται αλλά πολύ αργότερα, όταν συνειδητοποιούμε το ρόλο του για τις μετέπειτα εξελίξεις;
2. Τι κοινό βρίσκετε ανάμεσα στο ερμηνευτικό σχήμα του θερμικού ρευστού και του σχήματος με τους επικύκλους; Κατά πόσο τα σχήματα αυτά ήταν ερμηνευτικά ή περιγραφικά;
3. Ποιος ήταν ο Francis Bacon και ποια ήταν η «φιλοσοφία» του έργου του; Τι ήταν το βακωνικό πρόγραμμα; Ποιοι άλλοι στοχαστές ήταν υποστηρικτές του έργου του και προσανατόλισαν τις δικές τους μελέτες στις κατευθύνσεις που υπαγόρευε το βακωνικό πρόγραμμα;
4. Προσπαθήστε να βρείτε κάποια στοιχεία για τον Παράκελσο στη βιβλιογραφία.

5. Βρείτε περισσότερα στοιχεία για την ανακάλυψη του οξυγόνου και σχολιάστε τα γεγονότα στο πλαίσιο του προβληματισμού που αναπτύχθηκε στο δεύτερο κεφάλαιο, όπου γίνεται συζήτηση για την προτεραιότητα στις ανακαλύψεις και τις επιστημονικές διαμάχες. Συζητήστε τα προβλήματα προτεραιότητας που ανακύπτουν στην ιστορία της χημείας και αξιολογήστε τη σχετική σημασία που έχουν για την πληρέστερη κατανόηση της ιστορίας της χημείας.
6. Βρίσκετε κοινά σημεία ανάμεσα στην ανατροπή της φλογιστικής θεωρίας και στη μετάβαση από το γεωκεντρικό στο ηλιοκεντρικό σύστημα;
7. Γιατί νομίζετε πως η δέσμευση στη νέα ορολογία σήμαινε ουσιαστικά και δέσμευση στη νέα χημεία;
8. Προσπαθήστε να βρείτε ή το βιβλίο του Lavoisier ή περιγραφές του και να συγκρίνετε τα περιεχόμενα με τα περιεχόμενα ενός σύγχρονου βιβλίου χημείας.
9. Να συγκρίνετε τα διαφορετικά στυλ δουλειάς ανάμεσα στους φυσικούς, τους αστρονόμους και τους χημικούς.
10. Ελάχιστα αναφερθήκαμε στα βιογραφικά στοιχεία των ατόμων που σχετίζονται με την ιστορία της χημείας. Βρείτε μόνοι σας αυτά τα στοιχεία και προσπαθήστε να απαντήσετε σε ερωτήματα όπως: Ποια ήταν η μόρφωση του καθένα και πόσο καθοριστική ήταν για τις ενασχολήσεις του με τη χημεία; Πόσο επηρεάστηκαν από τους δασκάλους τους; Ήταν όλοι γιατροί και φαρμακοποιοί ή ασχολήθηκαν με τη χημεία και άτομα από άλλα επαγγέλματα; Πόσο τους βοήθησε ή τους εμπόδισε η επαγγελματική τους δραστηριότητα στο έργο τους;





## Βιβλιογραφία

Το πολύτομο έργο του Gillispie, C.C. (επιμέλεια) *Dictionary of Scientific Biography*, 16 τόμοι New York: Charles Scribner's Sons, 1981, είναι ένα από τα βασικά εργαλεία αναφοράς των ιστορικών της επιστήμης. Γραμμένο από πολύ γνωστούς ιστορικούς της επιστήμης, παραμένει το έγκυρο έργο στο είδος του.

Το τριμηνιαίο περιοδικό της Εταιρείας Ιστορίας των Επιστημών, *History of Science Society, ISIS*, εκδίδει ένα ειδικό τεύχος στο τέλος κάθε χρόνου που περιέχει τα στοιχεία (συγγραφέας, τίτλος άρθρου, περιοδικό, σελίδες) σχεδόν κάθε άρθρου που έχει δημοσιευτεί στη διάρκεια της χρονιάς σε σχεδόν όλα τα περιοδικά που κυκλοφορούν διεθνώς καθώς και κάθε βιβλίου που έχει κυκλοφορήσει στην ιστορία των επιστημών και της τεχνολογίας. Οι καταχωρήσεις γίνονται κατά περίοδο και κατά θέμα. *ISIS, Cumulative Bibliography*, John Neu (editor) London: Mansell.

Όπως θα έχετε παρατηρήσει, στην ιστορία των επιστημών δεν υπάρχει ένα εισαγωγικό εγχειρίδιο, όπως συνήθως γίνεται σε άλλες επιστήμες. Μία προσπάθεια να γραφτεί κάτι τέτοιο, που όμως ενώ θίγει πολλά θέματα δεν είναι ιδιαίτερα απλό για τα άτομα που δεν έχουν διαβάσει τίποτα άλλο σχετικά με την ιστορία των επιστημών, είναι το *Companion to the History of Modern Science*, London, Routledge, 1996, με επιμελητές τους R.C.Olby, G.N.Cantor, J.R.R.Christie και M.J.S.Hodge.

Η διεύθυνση στο διαδίκτυο [www.asap.unimelb.edu.au](http://www.asap.unimelb.edu.au) είναι μία ιδιαίτερα χρήσιμη διεύθυνση, περιέχει πολλά στοιχεία για την ιστορία των επιστημών και της τεχνολογίας και επίσης παραπέμπει σε πολλές άλλες διευθύνσεις ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη.

## Κεφάλαιο 1

### Τι είναι Ιστορία των Επιστημών

Δεν υπάρχουν εισαγωγικά βιβλία για το τι είναι η ιστορία των επιστημών κτλ. Τα βιβλία του Kragh H. *An introduction to the historiography of science*, Cambridge University Press, 1987 και του Ascot P. *L'histoire des sciences*, PUF, 1999 παραμένουν τα μοναδικά βιβλία του είδους. Σχόλια για διάφορα από τα θέματα που θίξαμε μπορούν να βρεθούν και στα:

#### Εισαγωγικά

1. Bernal John D.: *Η επιστήμη στην ιστορία*, 3 τόμοι. Αθήνα, (Μετάφραση Ε.Μπιτσάκης), Αθήνα, «Ι. Ζαχαρόπουλος», 1982–1999.
2. Bruno Jacomy: *Συνοπτική ιστορία των τεχνικών*. (Μτφ. Χριστίνα Αγριαντώνη),

Αθήνα, Πολιτιστικό Ίδρυμα ΕΤΒΑ, 1995.

3. Harré R. (επιμ.): *Επιστημονική σκέψη 1900–1960*. (Επιμέλεια μεταφράσεων Π. Χριστοδουλίδης) ΜΙΕΤ, 1985.
4. Κουγέ Α.: *Δυτικός πολιτισμός. Η άνθιση της επιστήμης και της τεχνικής*. Μτφ. Β.Κάλφας, Ζ.Σαρίκας, Αθήνα, Εκδόσεις «ΰψιλον», 1991.
5. Lindberg David C., *Οι απαρχές της δυτικής επιστήμης. Η φιλοσοφική, θρησκευτική και θεσμική θεώρηση της ευρωπαϊκής επιστημονικής παράδοσης, 600 π.Χ. – 1450 μ.Χ.* (Μτφ. Η. Μαρκολέφας), Αθήνα, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 1997.
6. Lloyd, G.E.R., *Αρχαία Ελληνική Επιστήμη. Μέθοδοι και Προβλήματα*. (Μτφ. Χλόη Μπάλλα), Αθήνα, Αλεξάνδρεια, 1996.
7. Sarton G., *An Introduction to the History of Science*, Florida: R. E. Krieger Publishing Company, 1975.
8. Snow C.P., *Οι δύο κουλτούρες*. Μτφ. Μ. Τζιαντζή, Αθήνα, Ελληνικά Γράμματα, 1995.

### Προχωρημένα

1. Cohen, I. Bernard, *Revolution in science*, The Belknap Press of Harvard University Press Cambridge, Massachusetts and London, England, 1985.
2. Kuhn Thomas, *Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων*. (Μτφ. Γ.Γεωργακόπουλος, Β.Κάλφας), Θεσσαλονίκη, Σύγχρονα Θέματα, 1981.
3. Neugebauer Otto, *Οι θετικές επιστήμες στην αρχαιότητα*. Μτφ. Χ. Ζερμπίνη, Ι. Αρζόγλου, Αθήνα, Μ.Ι.Ε.Τ., 1986.
4. Tannery P., *Pour l'Histoire de la Science Hellène*, Paris, 1987.

### Εκδόσεις τεκμηρίων και πηγών

Οι εκδόσεις των διάφορων ειδών τεκμηρίων και πηγών αποτελούν μία σημαντική προσφορά για τους ερευνητές, αφού πολλές φορές είναι χρονοβόρα και πολυέξοδη η κατευθείαν πρόσβαση σε αρχεία που είναι φυλαγμένα σε πανεπιστημιακές βιβλιοθήκες ή κρατικά αρχεία. Οι δημοσιεύσεις αυτές είναι, ανάμεσα σε άλλα, και ένα εξαιρετικά δύσκολο εκδοτικό εγχείρημα. Ενδεικτικά αναφέρουμε:

1. Boas Hall M., Hall A.R., (editors), *The correspondence of Henry Oldenburg*, 11 τόμοι, London, Mansell, 1977.

2. Cohen I.B., (editor), *Isaac Newton's papers and letters on natural philosophy and related documents*, Cambridge, Cambridge University Press, 1958.
3. *Deutsches Museum: guide through the collections*, Munich, Beck, 1988.
4. Favaro A., *Le opere di Galileo Galilei*, 21 τόμοι, Firenze, G.Barbara, 1968 (πρώτη έκδοση 1890–1909).
5. Fontenelle, Bernard Le Bauyer de (1657–1757), *Eloges des academiciens avec l'histoire de l'Academie Royale des Sciences en MDCXCIX, avec un discours preliminaire sur l'utilite des mathematiques*, 2 τόμοι, Bruxelles, Culture et Civilisation 1969.
6. Frank J., (editor), *The correspondence of Michael Faraday*, 4 τόμοι, London, Institute of Electrical Engineers, 1991–1996.
7. Hall A.R., (editor), *The correspondence of Isaac Newton*, 7 τόμοι, Cambridge, Cambridge University Press, 1960–1978.
8. Martin Th., (editor), *Faraday's diary: being the various philosophical notes of experimental investigations during the years 1820–1862*, London, Bell and Sons 1932–1936.
9. Trustees of the British Museum, *A catalogue of European scientific instruments in the department of medieval and later antiquities of the British Museum*, London 1981.
10. UNESCO, *Musees de sciences et de technologies*, 1986.
11. Ward A., *Time measurement, Part I historical review, Part II Descriptive catalogue*, London, HMSO, 1947–1955.
12. Whiteside D.T., (editor), *The mathematical papers of Isaac Newton*, 12 τόμοι, Cambridge, Cambridge University Press, 1969–1981.
13. Whiteside D.T., (editor), *The preliminary manuscripts for Isaac Newton's 1687 Principia 1684–1686. Facsimiles of the original autographs now in Cambridge University Library*, Cambridge, Cambridge University Press, 1989.

Επίσης πολλά από τα βιβλία που παραθέτουμε για την ιστορία των οργάνων μπορούν να θεωρηθούν πως ανήκουν και σε αυτή την κατηγορία.

## **Κεφάλαιο 2**

### **Η Επιστημονική Επανάσταση**

Ο μεγαλύτερος ενδεχομένως αριθμός βιβλίων στην ιστορία των επιστημών και

κυρίως βιβλίων ιστορίας της φυσικής και της αστρονομίας έχουν γραφτεί για την περίοδο της Επιστημονικής Επανάστασης. Οι καλύτερες εισαγωγές είναι:

1. Butterfield H., *Η επιστήμη στην ιστορία*, 3 τόμοι. Μτφ. Ι.Αρζόγλου, Αθήνα, Μτφ. Ι. Αρζόγλου, Αθήνα, Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, 1988.)
2. Cohen B., *The Birth of a new Physics*, Εκδόσεις Penguin, 1992.
3. Hall, Marie Boas, (1962), *The Scientific Renaissance 1450–1630*, Dover publ., inc. New York.

Τα αντίστοιχα κεφάλαια των παρακάτω βιβλίων αποτελούν καλά εισαγωγικά κείμενα:

1. Bernal John D.: *Η επιστήμη στην ιστορία*, 3 τόμοι, Αθήνα, Μτφ. Ε. Μπιτσάκης, «Ι. Ζαχαρόπουλος», 1982–1999.
2. Crombie A.C.: *Από τον Αυγουστίνo στον Γαλιλαίο*, 2 τόμοι. Μτφ. Τόμος α'. Θεοδώρα Τσίρη, Ι. Αρζόγλου, τόμος β', Μαριλένα Ιατρίδου, Δ. Κούρτοβικ, Αθήνα, Μ.Ι.Ε.Τ., 1989–1992.

Άλλα βιβλία γενικά για την Επιστημονική Επανάσταση είναι

### **Εισαγωγικά**

1. Dijksterhuis E.J., *The mechanization of the world picture. Pythagoras to Newton*, Princeton, Princeton University Press, 1961.
2. Hall A.R., *The scientific revolution 1500–1800: the formation of the modern scientific attitude*, London, Longman, 1954.
3. Hall A.R., *From Galileo to Newton*, London, Dover Publications 1981.
4. Hooykaas R., *Religion and the rise of modern science*, Edinburgh, Scottish Academy Press, 1972.
5. Κουρέ Α., *Αντικός Πολιτισμός: Η Ανθιση της Επιστήμης και της Τεχνικής*, Μτφ. Β.Κάλφας, Ζ.Σαρίκας, Αθήνα: Ύψιλον, 1991.
6. Shapin S., *The scientific revolution*, Chicago, University Press, 1996.
7. Vickers B., *English science, Bacon to Newton*, Cambridge, Cambridge University Press, 1987.
8. Westfall R., *The Construction of Modern Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1977. (Ελλ. μετ. *Η Συγκρότηση της Σύγχρονης Επιστήμης*, Μτφ. Κ. Ζήση, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1993).

9. Γαβρόγλου Κώστας: «Η επιστημονική επανάσταση», *Νεύσις*, τ. 1, 1994, σελ. 9–17.
10. Λογοθέτης Κ.: *Η φιλοσοφία της Αναγεννήσεως και η θεμελίωσις της νεωτέρας φυσικής*, Αθήνα, ΟΕΣΒ, 1955.

### Προχωρημένα

1. Blumemberg H., *The genesis of the Copernican world*, Cambridge, MIT Press, 1987.
2. Dear, P., *Discipline and experience: the mathematical way in the scientific revolution*, Chicago, Chicago University Press, 1995.
3. Hall, A.R., *The revolution in science 1500–1750*, London, Longman 1983.
4. Heimann Peter M., «Οι επιστημονικές επαναστάσεις». Μτφ. Η.Μαρκολέφας, *Νεύσις*, τ. 1, 1994, σελ. 19–49.
5. Κουρέ Α., «Γαλιλαίος και Πλάτων». Μτφ. Κ.Κρίμπας, *Νεύσις*, τ. 1, 1994, σελ. 51–83.
6. Koyrè, Alexandre, *Etudes d'histoire de la pensee scientifique*, Paris, Gallimard, 1973.
7. Lindberg, D.C., Westman, R.S., (editors) *Reappraisals of the scientific revolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 1990.
8. Merton, R. K., *Science and technology in the 17th century England*, New York Harper and Row, 1970.
9. Westfall R.S., «Καταγράφοντας την επιστημονική κοινότητα». Μτφ. Τ.Τσιαντούλας, *Νεύσις*, τ. 1, 1994, σελ. 85–97.
10. Yolton, J.W., *Philosophy, religion and science in the 17th and 18th centuries*, Rochester, University of Rochester Press, 1994.

### Ειδικές μελέτες

Ο πληρέστερος και συστηματικότερος σχολιασμός και παρουσίαση των διαφορετικών ιστοριογραφικών προσεγγίσεων:

- Cohen Floris, *The scientific revolution: a historiographical inquiry*, Chicago, Chicago University Press, 1994.

Από τις ειδικές μελέτες για την περίοδο της Επιστημονικής Επανάστασης τα παρακάτω αποτελούν μία ενδεικτική επιλογή των σημαντικότερων έργων. Για τον Giordano Bruno, το φανατικό υποστηρικτή του κοπερνίκειου συστήματος αλλά και

μυστικιστή, το έργο της Yates παραμένει κλασικό:

• Yates F., *Giordano Bruno and the hermetic tradition*, Chicago, Chicago University Press, 1964.

Για τη συμβολή του Francis Bacon και ιδιαίτερα για τις προσπάθειές του να κατοχυρώσει το επιστημονικό πνεύμα αλλά και τις πολιτικές ενασχολήσεις:

1. Anderson R., *Francis Bacon: his career and thought*, Los Angeles, 1962.
2. Crowther J.G., *Francis Bacon, the first statesman of science*, London, Crescent Press, 1960.
3. Ραφτόπουλος Αθανάσιος: «Η δομή της επιστημονικής έρευνας στη *Νέα Ατλαντίδα* του F. Bacon», *Νεύσις*, τ. 3, 1995, σελ. 55–73.

Για την ιστορία του τηλεσκοπίου, του μικροσκοπίου αλλά και των ρολογιών και το σημαντικό ρόλο που έπαιξαν τα όργανα αυτά στη διάρκεια της Επιστημονικής Επανάστασης και στην εδραίωση των νέων πρακτικών:

1. Aveni A.F., *Empires of time: calendars, clocks and culture*, New York, Basic Books, 1989.
2. Bruton E., *The history of clocks and watches*, New York, Crescent Books, 1982.
3. Clay R.S., *The history of the microscope*, London, Cahrls Griffith, 1932.
4. Drake S., *The unsung journalist and the origin of the telescope*, Los Angeles, Zeitlin, 1976.
5. Gerald L'E., *Essays on the history of the microscope*, Oxford, Senecio Publishers, 1980.
6. King Henry, *The history of the telescope*, New York, Dover, 1979.
7. Macey S.L., *Clocks and the cosmos: time in western life and thought*, Archon Books, 1980.
8. Recoules A., *Une histoire du microscope: ses theoreticiens, ses constructeurs, ses utilisateurs*, Moulins Allier, 1997.
9. Van Helden A., *The invention of the telescope*, Philadelphia, The American Philosophical Society, 1977.

Για το Γαλιλαίο έχουν γραφτεί πολλά άρθρα και βιβλία, όπως και υπάρχουν εκτεταμένες αναφορές σε αυτόν και το έργο του στα βιβλία και άρθρα που έχουμε παραθέσει στη γενική βιβλιογραφία για την Επιστημονική Επανάσταση. Το έργο του

Stillman Drake, χωρίς να είναι κάθε φορά ιδιαίτερα εύκολο στην κατανόησή του, παραμένει η σημαντικότερη συμβολή στην εργογραφία για το Γαλιλαίο. Ο Drake έχει επίσης μεταφράσει στα αγγλικά και ορισμένα από τα πιο γνωστά έργα και επιστολές του Γαλιλαίου. Τα βιβλία των Biagioli και Redondi, και παρά τη διαφορετική έμφασή τους, αποτελούν δύο ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες συμβολές και οι οποίες δοκιμάζουν νέες προσεγγίσεις:

1. Biagioli M., *Galileo courtier: the practice of science in the culture of absolutism*, Chicago, Chicago University Press, 1993.
2. Drake Stillman: *Γαλιλαίος*, Μτφ. Τ. Κυπριανίδης, Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1993.
3. Drake S., *Discoveries and opinions of Galileo*, New York, Doubleday, 1957.
4. Drake S., *Galileo at work: his scientific biography*, Chicago, Chicago University Press, 1978.
5. Drake Stillman, (1990), *Galileo: Pioneer Scientist*, Toronto: University of.
6. Redondi P., *Galileo Heretic*, 1989.
7. Santillana, Giorgio Di, *The crime of Galileo*, Chicago, Chicago University Press, 1959.
8. Wallace W., *Galileo, the Jesuits and the medieval Aristotle*, Variorum, 1991.

Για τη δίκη του Γαλιλαίου, τα αρχεία, την πολιτική διάστασή της αλλά και για τον ειδικό ρόλο του καρδινάλιου Bellarmine:

1. Blackwell R.J., *Galileo, Bellarmine and the Bible, including a translation of: letter on the motion of the earth*, Notre Dame, Indiana, Notre Dame University Press, 1991.
2. Feldhay R., *Galileo and the church, Political inquisition or critical dialogue?*, Cambridge, Cambridge University Press, 1995.
3. Finocchiaro M., *The Galileo affair: a documentary history*, Berkeley, University of California Press, 1982.

Για τη μηχανική του Γαλιλαίου και τις διάφορες εξελίξεις πριν από το Γαλιλαίο:

1. Damerow P., McLaughlin P., Freudenthal G., Renn J., *Exploring the limits of preclassical mechanics: a study in the conceptual development in early modern science*, New York, Springer Verlag, 1992.
2. Drake S., *Mechanics in 16th century Italy: selections from Tartaglia*,

*Benedetti, Guido Ubaldo and Galileo*, Madison, University of Wisconsin Press, 1969.

- Wallace W., *Prelude to Galileo: Essays on medieval and 16th century sources of Galileo's thought*, Dordrecht, Kluwer Publications 1981.

Boyle και πείραμα:

- Shapin S., Schaffer S., *Leviathan and the air pump: Hobbes, Boyle and the experimental life*, Princeton, Princeton University Press, 1985.

Για το Νεύτωνα υπάρχει επίσης ένας τεράστιος αριθμός βιβλίων και άρθρων. Θα πρέπει να υπογραμμίσουμε την αναμφισβήτητη τεράστια συμβολή των έργων του Alfred Rupert Hall που επιμελήθηκε την έκδοση της αλληλογραφίας του Νεύτωνα, του Derek Whiteside που επιμελήθηκε την έκδοση των μαθηματικών χειρόγραφων του Νεύτωνα και του I. Bernard Cohen ο οποίος ολοκλήρωσε τη νέα μετάφραση των *Principia*... και έγραψε την εξαιρετική εισαγωγή

- Hall A.R., *Isaac Newton: adventurer in thought*, Oxford, Blackwell, 1992.
- Newton I., *The Principia: Mathematical principles of natural philosophy*, μετάφραση I. Bernard Cohen και Ann Whitman, εισαγωγή I. Bernard Cohen, Berkeley, University of California Press, 1999.
- Westfall R., *Never at rest, a biography of Isaac Newton*, Cambridge, Cambridge University Press, 1983.
- Whiteside D.T., (editor) *The mathematical papers of Isaac Newton*, 12 τόμοι, Cambridge, Cambridge University Press, 1969–1981.
- Whiteside D.T., (editor) *The preliminary manuscripts for Isaac Newton's 1687 Principia 1684–1686. Facsimiles of the original autographs now in Cambridge University Library*, Cambridge, Cambridge University Press, 1989.

Για τους νέους θεσμούς και κυρίως για τη Royal Society και την Academie des Sciences

- Academie des Sciences (France), *Index biographique des membres et correspondents de l'Academie des Sciences de 1666 a 1939*, Paris, Gautier Villars, 1939.
- Hahn R., *The anatomy of a scientific institution: the Paris Academy of Sciences 1666–1803*, Berkeley, University of California Press, 1971.
- Hunter M.C.W., *The Royal Society and its fellows 1660–1700, the morphology of*



*an early scientific institution*, London, British Society for the History of Science, 1982.

4. Lyons H.H., Dale H., *The Royal Society 1660–1940: a history of its administration under its charters*, New York, Greenwood Press 1968.
5. Sprat Th. (1635–1713), *History of the Royal Society*, St. Louis, Washington University Press, 1958 (πρώτη έκδοση 1667).

Για τις επιστημονικές διαμάχες

1. Hall A.R., *Philosophers at war: the quarrel between Newton and Leibniz*, Cambridge, Cambridge University press, 1980.

### **Κεφάλαιο 3** **Κίνηση**

#### **Αρχαιότητα**

1. Farrington B.: *Η επιστήμη στην αρχαία Ελλάδα*. Μετφρ. Ν.Ραΐση, Αθήνα, Κάλβος, 1969.
2. Guthrie C. W. K., *Οι Έλληνες φιλόσοφοι, από τον Θαλή ως τον Αριστοτέλη*, (Μετφρ. Αν. Η. Σακελλαρίου), Εκδόσεις Παπαδήμα, Αθήνα, 1988.
3. Guthrie W.M.C., *A History of Greek Philosophy*, 6 vol., Cambridge, 1965.
4. Kirk G. S. and Raven J.E., *The Presocratic Philosophers*, Cambridge University Press, 1962.
5. Lee H.D.P., (ed), *Zeno of Elea*, Cambridge, 1936.
6. Vlastos G., *A note on Zeno's Arrow* στο *Phronesis* 11 91966), 33.
7. Vlastos G., *The Physical theory of Anaxagoras* στο *Philos. Review* 59 (1950), 31.
8. Ευάγγελος Ν. Ρούσσο: *Προσωκρατικοί*, τ. Α': *Ιστορική Εισαγωγή*. Αθήνα, Εκδόσεις Στιγμή, 1999.

#### **Μεσαίωνα**

1. Arnold, T., Guillaume, A., *The legacy of Islam*, Oxford, Oxford University press, 1947.
2. Clagett Marshall, *The science of Mechanics in the middle Ages*, Madison, University of Wisconsin Press, 1959.

3. Clagett Marshall, *Nicole Oresme and the Medieval Geometry of Qualities and Motions, A treatise on the Uniformity and Difformity of Intensities Known as tractatuw de configurationibus qualitatum et motuum*, Μάντισσον, Wisconsin., Publications in Medieval Science, 1968
4. Duhem, P.,M.,M., *Sozein ta phainomena: essai sur la motion de theorie physique de Platon a Galilee*, Paris, Vrin, 1990.
5. Duhem, P.,M.,M., *The origins of statics: the sources of physical science*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1991.
6. Grant, E., *A source book of medieval science*, Cambridge, Harvard University Press, 1974.
7. Grant, E., *Motion in the Void and the Principle of Inertia in the middle Ages*, Isis, vol. 55 (1964), p. 265–292
8. Ioannes Philoponus, *Against Aristotle on the Eternity of the world*, trans. Chr. Wildberg, Ithaca, Cornell University Press, 1987.
9. Lang, H.S., *Aristotle's physics and its medieval varieties*, Albany, State University of New York Press, 1992.
10. Lloyd E.D., *Greek Science after Aristotle*, London, W.W.Norton, 1975.
11. Long A., *Η ελληνιστική φιλοσοφία*, (Μτφ. Στ. Δημόπουλος, Μυρτώ Δραγώνα–Μονάχου), Μ. Ι. Ε. Τ., Αθήνα, 1990
12. Qadir C.A., *Philosophy and Science in the Islamic World*, London & New York editions, 1988.
13. Rashed R., «Οι Μπεν Μούσα και η αρχή της αρχιμήδειας παράδοσης στον μεσαίωνα. Μια επανεκτίμηση». Μτφ. Στ. Ζηνοπούλου, *Νεύσις*, τ. 3, 1995, σελ. 133–154.
14. Secon, A., Souffrin, P., *Nicolas Oresme: tradition et innovation chez un intellectuelle de XIV siecle*, Paris, les Belles Lettres, 1988.
15. Sorabji, R., *Matter, space and motion: theories in antiquity and their sequel*, Ithaca, Cornell University Press, 1992.
16. Sorabji, R. (editor), *Philoponus and the rejection of Aristotelian Science*, London, Duckworth, 1987.
17. Tunik H. (editor), *Averroes's Questions in physics: From the unpublished sefer Hei–Derusim ha–Tib'Lyim*, Kluwer Academic Pub, 1991

- 18.Καρτσωνάκης Μ.: «Ιωάννης Φιλόπονος και Μηχανική. Μια δυναμική προσέγγιση στην όψιμη αρχαιότητα». *Νεύσις*, τ. 4, 1996, σελ. 63–75

### **Επιστημονική Επανάσταση**

1. Anderson, Wallace E., *Cartesian motion*, P.K. Machamer, R.G. Turnbull, *Motion and time, space and matter: Interrelations in the history of philosophy and science*. Ohio State University Press, 1976.
2. Damerow P., McLaughlin P., Freudenthal G., Renn J., *Exploring the limits of preclassical mechanics: a study in the conceptual development in early modern science*, New York, Springer Verlag, 1992.
3. Drake S., *Mechanics in 16th century Italy: selections from Tartaglia, Benedetti, Guido Ubaldo and Galileo*, Madison, University of Wisconsin Press, 1969.
4. Drake, Stillman, *Galileo: Pioneer Scientist*, Toronto: University of Toronto Pr., (1990).
5. Galilei, Galileo, *The Two New Sciences*, New York: Dover, (1954).
6. Kroger Gan, Stephen, (1995), *Descartes: an intellectual biography*. Oxford University Press.
7. Kuznetsov, Boris Grigor'evich., (1964), *La notion Cartesienne de l' inertie et la science moderne*, Melanges Alexandre Koyre, Vol. 1, Paris.
8. Moody E., «Galileo and Avempace: The Dynamics of the Leaning tower Experiment», *Journal of History of ideas*, vol. 12 (1951), p. 163–193, 375–422.
9. Moody E., *Galileo and his Precursors*, Carlo L. Golino (επιμέλεια εκδ.), *Galileo Reappraised*, Berkeley, 1966.
10. Shea W.R., *The magic numbers and motion: the scientific career of Rene Descartes*, Canton, Massachusetts, Science History Publications, 1991.
11. Wallace W., *Prelude to Galileo: Essays on medieval and 16th century sources of Galileo's thought*, Dordrecht, Kluwer Publications 1981.

## **Κεφάλαιο 4**

### **Αστρονομία**

1. Bialas, V., Gerlach, W., List, M. & Treue, W. «Johannes Kepler – Zur 400. Wiederkehr seines Geburtstages», *Deutsches Museum: Abhandlungen und*

- Berichte*, έτος 39ο, τεύχ. 1, 1971.
2. Caspar, M. *Kepler*. London – New York: Abelard–Schuman, 1959.
  3. Crowther, J.G. *Six great Astronomers*. London: Hamish Hamilton, 1961, σελ. 50–78.
  4. Dicks, D.R., *Η Πρώιμη Ελληνική Αστρονομία*. Μτφ. Μ. Παπαθανασίου. Αθήνα, «Δαίδαλος» – Ι. Ζαχαρόπουλος, 1991.
  5. Dreyer, J.L.E. *History of the Planetary Systems from Thales to Kepler*. Cambridge, 1906. (2η έκδ. με τίτλο *A History of Astronomy from Thales to Kepler*. New York: Dover, 1953, σελ. 372–412.)
  6. Duhem, P.M.M., *La systeme du monde: histoire des doctrines cosmologiques de Platon a Copernic*, 10 τόμοι, Paris, Hermann, 1958–1984.
  7. Gingerich, O., *The eye of heaven: Ptolemy, Copernicus, Kepler*, New York, American Institute of Physics, 1993.
  8. Harrison, E. *Darkness at night: A riddle of the universe*. Cambridge MA: Harvard University Press, 1987, σελ. 45–52.
  9. Kahn Charles: *Αναξίμανδρος και οι απαρχές της ελληνικής κοσμολογίας*. Μτφρ. Ν Γιανναδάκης, Αθήνα, Πολύτυπο, 1982.
  10. Κουρέ Α.: *Από τον κλειστό κόσμο στο άπειρο σύμπαν*. Μετάφραση Π. Λάμψα. Αθήνα, Ευρύαλος, 1989.
  11. Κουρέ, Α. *La révolution astronomique. Copernic, Kepler, Borelli*. Paris: Hermann, 1961. (Αγγ. μετ. *The astronomical revolution. Copernicus, Kepler, Borelli*. New York: Dover, 1992, σελ. 117–464.)
  12. Kuhn, T.S. *The Copernican Revolution*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1957, 18η έκδ. 1995.
  13. Lattis, J., *Between Copernicus and Galileo: Christoph Clavius and the collapse of Ptolemaic cosmology*, Chicago, Chicgo University Press, 1994.
  14. Mittelstraß, J. (επιμ.) *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*, 4 τόμ. Stuttgart – Weimar: J.B. Metzler, 1995.
  15. Ronan, C. *The Astronomers*. New York: Hill & Wand, 1964, σελ. 131–41.
  16. Samsó, J., *Islamic astronomy and medieval Spain*, Variorum, 1994.
  17. Small, R., *An account of the astronomical discoveries of Kepler*, Madison,

University of Wisconsin Press, 1963.

18. Πλάτων: *Τίμαιος*. (Επιμ. Β. Κάλφας). Αθήνα, Πόλις, 1998.

19. Σταμάτης Ευάγγελος: *Αριστάρχου Σαμίου. Περί μεγεθών και αποστημάτων ηλίου και σελήνης*. Αθήνα, 1980.

## Κεφάλαιο 5

### Χημεία

1. Bensaude-Vincent B., Abbri F., (editors) *Lavoisier in a European context*, Science History Publications, 1995.
2. Berry A.J., *Henry Cavendish: his life and scientific work*, London, Hutchinson, 1960.
3. Brock W., *The Fontana history of chemistry*, London, Harper and Collins, 1992.
4. Donovan A., *Antoine Lavoisier: science, administration, revolution*, Oxford, Blackwell 1993.
5. Gillam J.G., *The crucible: the story of Joseph Priestley*, London, Robert Hale, 1954.
6. Guerlac H., *Lavoisier, the crucial year: the background, and origin of his first experiments on combustion in 1772*, Ithaca, Cornell University Press, 1961.
7. Thomas L. Hankins: *Επιστήμη και Διαφωτισμός*. Μτφ. Γ. Γκουνταρούλης. Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1998.
8. Jungnickel C., McCormick R., *Cavendish*, Philadelphia, American Philosophical Society, 1996.
9. Leicester Henry M.: *Ιστορία της χημείας*, Αθήνα, Τροχαλία, 1993.
10. Machabey A., *Memoire sur l'histoire de la balance et de la balancerie*, Paris, Ministère de l'Industrie et du Commerce, Service des Instruments de mesure, 1949.
11. McKie A., *Antoine Lavoisier: scientist, economist, and social reformer*, De Capo, 1990.
12. Poirier J.P., *Antoine Laurent de Lavoisier 1743–1794*, Paris, Pygmalion, 1993.
13. Rocke Al., *Chemical atomism in the 19th century: from Dalton to Cannizzaro*, Columbus, Ohio State University Press, 1984.
14. Schofield R.E., *The enlightenment of Joseph Priestley. A study of his life and work 1733–1773*, Philadelphia, Pennsylvania State University Press, 1997.
15. Stock J.T., *Development of the chemical balance*, London HMSO, 1969.





