



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ ΤΩΝ
ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ:
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ»**

ΠΟΥΛΙΝΑΚΗ ΘΕΟΝΥΜΦΗ

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: ΚΑΤΣΙΑΜΠΟΥΡΑ ΙΩΑΝΝΑ

Ηράκλειο
Σεπτέμβριος, 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του/της φοιτητή/φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



**«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ:
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ»**

ΠΟΥΛΙΝΑΚΗ ΘΕΟΝΥΜΦΗ

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Κατσιαμπούρα Ιωάννα

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Σκορδούλης Κωνσταντίνος

Ηράκλειο
Σεπτέμβριος, 2026

« Στους γιούς μου Ιάσονα και Ορφέα »

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Μαρία και Στέφανο, που με δίδαξαν από μικρή να θέτω στόχους, να επιδιώκω την προσωπική μου εξέλιξη και να εργάζομαι με επιμονή και προσήλωση για την επίτευξή τους.

Ιδιαίτερα, ευχαριστώ τον σύζυγό μου, Χρήστο, που στάθηκε ο πιο ένθερμος υποστηρικτής και εμψυχωτής μου σε κάθε βήμα αυτής της διαδρομής αυτοβελτίωσης, προσφέροντάς μου δύναμη, ενθάρρυνση και πίστη στις δυνατότητές μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτριά μου, κ. Ιωάννα Κατσιαμπούρα, για την κατανόηση, την καθοδήγηση, την υποστήριξη και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας. Η συμβολή της υπήρξε ιδιαίτερα σημαντική και πολύτιμη για την ολοκλήρωση αυτής της διαδρομής.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία, με τίτλο «Επιστήμες και Τεχνολογία στην Αρχαιότητα: Σύγχρονες προσεγγίσεις», εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο η σύγχρονη επιστημονική έρευνα προσεγγίζει, ερμηνεύει και επαναπροσδιορίζει τη γνώση σχετικά με τις επιστήμες και την τεχνολογία της αρχαιότητας. Βασική αφετηρία της εργασίας αποτελεί η διαπίστωση ότι η σύγχρονη μελέτη της αρχαίας επιστήμης και τεχνολογίας δεν περιορίζεται πλέον στην καταγραφή επιτευγμάτων, εφευρέσεων και τεχνικών κατασκευών, αλλά στρέφεται ολοένα και περισσότερο στη διερεύνηση των διαδικασιών παραγωγής, μετάδοσης και εφαρμογής της γνώσης, καθώς και των κοινωνικών, πολιτικών, οικονομικών και πολιτισμικών συνθηκών μέσα στις οποίες αυτές αναπτύχθηκαν.

Κεντρικό ζήτημα της εργασίας αποτελεί ο εννοιολογικός προβληματισμός σχετικά με τη χρήση των σύγχρονων όρων «επιστήμη» και «τεχνολογία» για την περιγραφή φαινομένων της αρχαιότητας. Εξετάζεται κατά πόσο οι όροι αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς να οδηγούν σε αναχρονιστικές ερμηνείες. Παράλληλα, διερευνώνται η γένεση και η εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης, η σταδιακή διαφοροποίηση των επιμέρους επιστημονικών πεδίων, η ανάπτυξη της τεχνικής και τεχνολογικής γνώσης και η σχέση τους με το κοινωνικό, το πολιτικό, το πολιτισμικό και το οικονομικό περιβάλλον κάθε εποχής.

Ακολούθως, εξετάζεται η ανάπτυξη επιμέρους τομέων, όπως η στρατιωτική τεχνολογία, τα μαθηματικά, η αστρονομία και η ιατρική, με στόχο την ανάδειξη των παραγόντων που συνέβαλαν στη διαμόρφωση και εξέλιξή τους. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ερμηνεία ορισμένων τεχνολογικών και επιστημονικών «παραδόξων» της αρχαιότητας, όπως η περιορισμένη διάδοση της τεχνολογικής καινοτομίας σε ευρεία κλίμακα, καθώς και η διαφοροποίηση στον τρόπο προσέγγισης της επίγειας κίνησης, σε σχέση με τη συστηματική μελέτη της ουράνιας κίνησης. Τα φαινόμενα αυτά εξετάζονται σε συνάρτηση με τις κοινωνικές, οικονομικές, πολιτικές και πολιτισμικές συνθήκες που επικρατούσαν.

Ένας άλλος βασικός άξονας της εργασίας αφορά τα μεθοδολογικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η μελέτη της επιστήμης και της τεχνολογίας στην αρχαιότητα. Εξετάζονται ζητήματα που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα και την ερμηνεία των πηγών, τη γλώσσα και την αρχαία ορολογία, τον ρόλο και τη θέση του πειράματος στην παραγωγή της επιστημονικής γνώσης κατά την αρχαιότητα, καθώς και το ζήτημα της συνέχειας, της μεταβολής και της μετάδοσης της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης.

Παράλληλα, η εργασία αξιοποιεί διεπιστημονικές προσεγγίσεις για την ερμηνεία χαρακτηριστικών τεχνικών και αρχιτεκτονικών έργων της αρχαιότητας. Το υπαίθριο θέατρο του Ασκληπιείου της Επιδαύρου, το Βυζαντινό ηλιακό ρολόι και το Ευπαλίνειο όρυγμα αποτελούν χαρακτηριστικές περιπτώσεις μέσα από τις οποίες διερευνώνται η αλληλεπίδραση επιστημονικής γνώσης και τεχνικής πρακτικής, καθώς και η συμβολή διαφορετικών επιστημονικών πεδίων στην κατανόηση της κατασκευής, της λειτουργίας και της χρήσης τους.

Τέλος, ιδιαίτερη θέση κατέχει ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων, ως χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής σύγχρονων διεπιστημονικών και πειραματικών μεθόδων. Η μελέτη της λειτουργίας του και η κατασκευή μηχανικών ανακατασκευών επιτρέπουν τη διερεύνηση της τεχνολογικής του πολυπλοκότητας, των επιστημονικών γνώσεων που προϋπέθετε η κατασκευή του και της πιθανής χρησιμότητάς του στον αρχαίο κόσμο.

Συνολικά, η εργασία επιδιώκει να αναδείξει ότι η σύγχρονη μελέτη της επιστήμης και της τεχνολογίας στην αρχαιότητα δεν αφορά μόνο την ανακάλυψη νέων στοιχείων για το παρελθόν, αλλά και τον επαναπροσδιορισμό του τρόπου με τον οποίο διατυπώνονται τα ερευνητικά ερωτήματα και ερμηνεύονται οι διαθέσιμες μαρτυρίες. Μέσα από τη συνδυαστική αξιοποίηση ιστορικών, αρχαιολογικών, τεχνικών και διεπιστημονικών προσεγγίσεων, επιδιώκεται η διαμόρφωση μιας πιο σύνθετης και ολοκληρωμένης εικόνας των τρόπων με τους οποίους οι αρχαίες κοινωνίες παρήγαγαν, διαμόρφωναν, μετέδιδαν και αξιοποιούσαν τη γνώση και την τεχνική, σε άμεση συνάρτηση με το κοινωνικό, πολιτικό, οικονομικό και πολιτισμικό περιβάλλον τους.

Λέξεις κλειδιά

αρχαία επιστήμη, αρχαία τεχνολογία, στρατιωτική τεχνολογία, αστρονομία, μαθηματικά, πλοήγηση, ουράνια κίνηση, επίγεια κίνηση, νέες προσεγγίσεις, διεπιστημονικότητα, αναχρονισμός, θέατρο Επιδαύρου, Βυζαντινό ηλιακό ρολόι-ημερολόγιο, Ευπαλίνειο όρυγμα, μηχανισμός Αντικυθήρων

Abstract

The present master's thesis, entitled "*Sciences and Technology in Antiquity: Contemporary Approaches*," examines the way in which contemporary scientific research approaches, interprets, and redefines knowledge concerning the sciences and technology of antiquity. A fundamental starting point of the study is the recognition that contemporary research on ancient science and technology is no longer limited to recording achievements, inventions, and technical constructions, but increasingly focuses on investigating the processes of production, transmission, and application of knowledge, as well as the social, political, economic, and cultural conditions within which these developed.

A central issue of the study is the conceptual concern regarding the use of the modern terms "science" and "technology" to describe phenomena of antiquity. The study examines the extent to which these terms can be used without leading to anachronistic interpretations. At the same time, it investigates the origins and development of scientific knowledge, the gradual differentiation of individual scientific fields, the development of technical and technological knowledge, and their relationship with the social, political, cultural, and economic environment of each period.

Subsequently, the development of individual fields, such as military technology, mathematics, astronomy, and medicine, is examined, with the aim of highlighting the factors that contributed to their formation and development. Particular emphasis is placed on the interpretation of certain technological and scientific "paradoxes" of antiquity, such as the limited dissemination of technological innovation on a broad scale, as well as the differences in the way terrestrial motion was approached in comparison with the systematic study of celestial motion. These phenomena are examined in relation to the social, economic, political, and cultural conditions that prevailed.

Another major focus of the study concerns the methodological problems encountered in the study of science and technology in antiquity. Issues related to the availability and interpretation of sources, language and ancient terminology, the role and position of experimentation in the production of scientific knowledge in antiquity, as well as the issue of continuity, change, and transmission of scientific and technological knowledge, are examined.

At the same time, the study employs interdisciplinary approaches to the interpretation of characteristic technical and architectural works of antiquity. The open-air theatre of the Sanctuary of Asclepius at Epidauros, the Byzantine sundial, and the Eupalinos Tunnel constitute characteristic cases through which the interaction between scientific knowledge and technical practice is investigated, as well as the contribution of different scientific fields to understanding their construction, operation, and use.

Finally, particular importance is attributed to the Antikythera Mechanism as a characteristic example of the application of modern interdisciplinary and experimental methods. The study of its operation and the construction of experimental models make it possible to investigate its technological complexity, the scientific knowledge required for its construction, and its possible usefulness in the ancient world.

Overall, the study seeks to demonstrate that contemporary research on science and technology in antiquity concerns not only the discovery of new evidence about the past, but also the redefinition of the way in which research questions are formulated and the available

evidence is interpreted. Through the combined use of historical, archaeological, technical, and interdisciplinary approaches, the study seeks to develop a more complex and comprehensive understanding of the ways in which ancient societies produced, developed, transmitted, and utilized knowledge and technical expertise, in direct relation to their social, political, economic, and cultural environment.

Keywords

ancient science, ancient technology, military technology, astronomy, mathematics, navigation, celestial motion, terrestrial motion, new approaches, interdisciplinarity, anachronism, Epidauros Theatre, Byzantine sundial-calendar, Eupalinian tunnel, Antikythera Mechanism

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	6
Abstract.....	8
Περιεχόμενα.....	10
Κατάλογος εικόνων.....	12
1. Εισαγωγή.....	13
1.1. Αντικείμενο και σκοπός της εργασίας.....	15
1.2. Ερευνητικό ερώτημα.....	15
1.3. Επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα.....	17
1.4. Μεθοδολογική προσέγγιση.....	17
1.5. Δομή της εργασίας.....	18
1.6. Βασική θέση της εργασίας.....	19
2. Ιστορική Αναδρομή.....	19
2.1. Παλαιολιθική Εποχή: Οι απαρχές της τεχνολογικής δραστηριότητας.....	20
2.2. Νεολιθική Εποχή: Η διεύρυνση της τεχνολογικής γνώσης.....	21
2.3. Μεσοποταμία και Αίγυπτος: Η εμφάνιση της καταγεγραμμένης γνώσης.....	21
2.4. Αρχαία Ελλάδα: Η γένεση της φυσικής φιλοσοφίας.....	22
2.5. Ελληνιστική Περίοδος: Μαθηματικοποίηση και τεχνολογική εξειδίκευση.....	23
2.6. Ρωμαϊκή Εποχή: Τεχνολογία, μηχανική και υποδομές.....	24
3. Οι επιστήμες και η τεχνολογία στην αρχαιότητα.....	25
3.1. Η επιστήμη σήμερα.....	25
3.2. Η επιστήμη στην αρχαιότητα – Ο κίνδυνος του αναχρονισμού.....	26
3.3. Η «γένεση» της επιστήμης.....	27
3.4. Ο διαχωρισμός των επιστημών.....	29
3.5. Η τεχνολογία σήμερα.....	30
3.6. Η τεχνολογία στην αρχαιότητα.....	31
3.6.1. Προκλασική Περίοδος.....	32
3.6.2. Κλασική Περίοδος.....	33
3.6.3. Ελληνιστική Περίοδος.....	33
3.7. Το κοινωνικό και πολιτικό πλαίσιο.....	35
3.7.1. Ο θεσμός της δημοκρατίας.....	35
3.7.2. Ο θεσμός της δουλείας.....	35
4. Η επιστημονική και τεχνολογική κληρονομιά της αρχαιότητας.....	35
4.1. Η στρατιωτική τεχνολογία.....	36
4.2. Τα μαθηματικά.....	38
4.3. Η αστρονομία.....	42
4.4. Η ιατρική.....	46

5. Οι ιδιαιτερότητες της επιστημονικής και τεχνολογικής εξέλιξης στον αρχαίο κόσμο	51
5.1. Απουσία τεχνολογικής ανάπτυξης σε ευρεία κλίμακα στην αρχαία Ελλάδα.....	51
5.1.1. Η τεχνολογική ερμηνεία.....	51
5.1.2. Η ερμηνεία διαμέσου της επιστήμης.....	52
5.1.3. Η ερμηνεία της πρώτης ύλης και των πηγών ενέργειας.....	52
5.1.4. Η κοινωνικο-οικονομική ερμηνεία.....	52
5.1.5. Η πολιτισμική ερμηνεία.....	53
5.1.6. Η πολιτική ερμηνεία.....	53
5.2. Ουράνια και επίγεια κίνηση.....	54
6. Προβλήματα.....	58
6.1. Το πρόβλημα των «πηγών».....	58
6.2. Το πρόβλημα της «γλώσσας».....	61
6.3. Το πρόβλημα του «πειράματος».....	62
6.4. Το πρόβλημα της «συνέχειας».....	64
7. Όψεις της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης στην αρχαιότητα.....	67
7.1. Το θέατρο στο Ασκληπιείο της Επιδαύρου	67
7.1.1. Η τοποθεσία του θεάτρου.....	68
7.1.2. Η γεωμετρία του σχεδίου.....	68
7.1.3. Το υλικό κατασκευής.....	70
7.1.4. Η αρμονία των αναλογιών των επιμέρους τμημάτων του θεάτρου.....	70
7.2. Το Βυζαντινό ηλιακό ρολόι	71
7.3. Το Ευπαλίνειο Όρυγμα.....	74
8. Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων.....	75
9. Συμπεράσματα.....	79
Βιβλιογραφία.....	82
References.....	87
Παράρτημα.....	92

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Το θέατρο του Ασκληπιείου της Επιδαύρου σήμερα

Εικόνα 2: Υποθετική γραφική αναπαράσταση του θεάτρου του Ασκληπιείου της Επιδαύρου
(Copyright © THEATRON Consortium,
http://www.didaskalia.net/studyarea/visual_resources/epidaurus3d_1.html)

Εικόνα 3: Λειτουργική ανακατασκευή του Βυζαντινού ηλιακού ρολογιού –ημερολογίου από τον Μ. Τ. Wright
(Museo Galileo – Istituto e Museo di Storia della Scienza)

Εικόνα 4: Τα 82 θραύσματα του Μηχανισμού των Αντικυθήρων
(Freeth et al., 2006)

Εικόνα 5: Η πρόσθια και η οπίσθια όψη του μοντέλου του Μηχανισμού των Αντικυθήρων
(Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης)

1. Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος σπουδών «Μεταπτυχιακή Ειδίκευση Καθηγητών Φυσικών Επιστημών» της Σχολής Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου. Πραγματεύεται το ευρύ και πολυδιάστατο ζήτημα της μελέτης των επιστημών και της τεχνολογίας στην αρχαιότητα. Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα σύνθετο και διεπιστημονικό πεδίο έρευνας, το οποίο τοποθετείται στο σημείο συνάντησης της ιστορίας των επιστημών, της φιλοσοφίας, της ιστορίας, της αρχαιολογίας, των φυσικών επιστημών, της μελέτης των υλικών, καθώς και των σύγχρονων ψηφιακών και υπολογιστικών επιστημών.

Η επιστημονική και τεχνολογική ανάπτυξη του αρχαίου κόσμου έχει απασχολήσει επί μακρόν την έρευνα, καθώς οι αρχαίες κοινωνίες παρήγαγαν και αξιοποίησαν ένα ευρύ φάσμα γνώσεων που αφορούσαν τη φιλοσοφία, τα μαθηματικά, την αστρονομία, την ιατρική, τη μηχανική, την αρχιτεκτονική, τη ναυπηγική, τη μεταλλουργία, την κεραμική, τη γεωργία. Οι παλαιότερες προσεγγίσεις εστίαζαν σε σημαντικό βαθμό στην καταγραφή των επιστημονικών γνώσεων και των τεχνολογικών επιτευγμάτων της αρχαιότητας καθώς και στην ανάδειξη μεμονωμένων «πρωτοπόρων» και «εφευρέσεων». Πλέον, στη σύγχρονη έρευνα το ενδιαφέρον έχει διευρυνθεί και στρέφεται ολοένα και περισσότερο προς τις κοινωνικές, οικονομικές, πολιτικές, φιλοσοφικές και πολιτισμικές συνθήκες κάθε εποχής, οι οποίες επηρέασαν την ανάπτυξη, τη διάδοση και την εφαρμογή της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης. Παράλληλα, διερευνώνται οι διαδικασίες παραγωγής, μετάδοσης, εφαρμογής και μετασχηματισμού της γνώσης στις αρχαίες κοινωνίες.

Η σύγχρονη ιστοριογραφία έχει αναδείξει τη σημασία της μελέτης της αρχαίας επιστημονικής γνώσης μέσα στο ιστορικό, κοινωνικό, πολιτισμικό και οικονομικό πλαίσιο στο οποίο αυτή αναπτύχθηκε. Επομένως, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι ο σύγχρονος όρος «επιστήμη» δεν μπορεί να μεταφερθεί αυτούσιος στην αρχαιότητα, χωρίς ορισμένες εννοιολογικές προφυλάξεις. Ωστόσο, η μελέτη της θεωρητικής διερεύνησης, της μαθηματικής σκέψης, των συστηματικών μορφών παρατήρησης και της εμπειρικής γνώσης που αναπτύχθηκαν στις αρχαίες κοινωνίες μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι άνθρωποι της αρχαιότητας αντιλαμβάνονταν τη φύση, την παρατήρηση, την εμπειρία, την πρακτική γνώση και την απόδειξη.

Ανάλογος προβληματισμός προκύπτει και στην περίπτωση της τεχνολογίας. Η τεχνολογία στην αρχαιότητα δεν περιορίζεται σε εντυπωσιακές μηχανές ή σε σύνθετες κατασκευές. Αντιθέτως, περιλαμβάνει ένα ευρύ σύνολο εργαλείων, τεχνικών, δεξιοτήτων, διαδικασιών, και γνώσεων που συνδέονταν με την καθημερινή ζωή και την οργάνωση των αρχαίων κοινωνιών. Η κατασκευή ενός κτιρίου, η κατεργασία ενός μετάλλου, η παραγωγή κεραμικών, η κατασκευή ενός πλοίου ή η δημιουργία ενός μηχανισμού προϋπέθεταν όχι μόνο τη χρήση συγκεκριμένων εργαλείων και υλικών, αλλά και την ανάπτυξη σύνθετης «τεχνογνωσίας», η οποία μπορούσε να μεταδίδεται μέσω της πρακτικής, της παρατήρησης και της μαθητείας.

Σε αυτό το πλαίσιο, ιδιαίτερη σημασία αποκτούν σύγχρονες έννοιες όπως η τεχνογνωσία (*craft knowledge*), η σιωπηρή ή άρρητη γνώση (*tacit knowledge*), η ενσώματη γνώση (*embodied knowledge*) και η γνώση του κατασκευαστή (*maker's knowledge*). Οι έννοιες αυτές επιτρέπουν την προσέγγιση της τεχνολογίας όχι ως ένα σύνολο αντικειμένων, αλλά ως διαδικασία που συνδέει ανθρώπους, υλικά, εργαλεία, δεξιότητες και κοινωνικές πρακτικές. Υπό αυτή την οπτική, το αρχαιολογικό αντικείμενο δεν αντιμετωπίζεται μόνο ως τελικό

προϊόν μιας τεχνικής διαδικασίας, αλλά και ως φορέας πληροφοριών σχετικά με τον τρόπο κατασκευής του, τις ιδιότητες των υλικών του, τις γνώσεις του τεχνίτη και για τις συνθήκες παραγωγής του.

Η διεύρυνση του ερευνητικού ενδιαφέροντος για την αρχαία επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη έχει συνοδευτεί από την ανάπτυξη και αξιοποίηση νέων μεθοδολογικών προσεγγίσεων. Σε αυτές περιλαμβάνονται η διεπιστημονική έρευνα, οι ψηφιακές τεχνολογίες, η πειραματική αρχαιολογία και η αρχαιομετρία.

Η *διεπιστημονικότητα* αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό χαρακτηριστικό της σύγχρονης μελέτης της αρχαίας επιστήμης και τεχνολογίας, καθώς η διερεύνηση ενός αρχαίου αντικειμένου ή μιας τεχνολογικής διαδικασίας μπορεί να απαιτεί τη συνεργασία διαφορετικών επιστημονικών κλάδων. Αρχαιολόγοι, ιστορικοί, ιστορικοί της επιστήμης, χημικοί, φυσικοί, γεωλόγοι, μηχανικοί και ειδικοί στις ψηφιακές και υπολογιστικές μεθόδους μπορούν να συμβάλουν με διαφορετικούς τρόπους στη συλλογή, ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων. Η συνδυαστική αξιοποίηση αυτών των διαφορετικών μορφών γνώσης μπορεί να οδηγήσει σε περισσότερο σύνθετες ερμηνείες του αρχαίου παρελθόντος.

Παράλληλα, έχουν προκύψει σημαντικές δυνατότητες από την ανάπτυξη των *ψηφιακών τεχνολογιών*. Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση, η ψηφιακή απεικόνιση, η φωτογραμμετρία, οι ψηφιακές βάσεις δεδομένων και οι υπολογιστικές μέθοδοι ανάλυσης έχουν διευρύνει τις δυνατότητες τεκμηρίωσης, σύγκρισης και ερμηνείας των αρχαιολογικών δεδομένων. Οι συγκεκριμένες τεχνικές δεν αποτελούν απλώς εργαλεία παρουσίασης του παρελθόντος. Όταν εντάσσονται σε ένα κατάλληλο ερευνητικό πλαίσιο μπορούν να συμβάλλουν στην παραγωγή νέων δεδομένων, ψηφιακών αναπαραστάσεων και στην ανάδειξη χαρακτηριστικών ή σχέσεων που δεν ήταν εύκολα παρατηρήσιμα με τις συμβατές μεθόδους.

Επιπρόσθετα, η *πειραματική αρχαιολογία* επιτρέπει τη διερεύνηση και, όπου είναι εφικτό, την ανακατασκευή τεχνολογικών διαδικασιών με βάση αρχαιολογικά και ιστορικά δεδομένα. Η αξία της δεν περιορίζεται μόνο στην επιβεβαίωση ή στην απόρριψη μιας αρχαιολογικής υπόθεσης. Αντιθέτως, μπορεί να προσφέρει μια διαφορετική μορφή ερευνητικής γνώσης, καθώς φέρνει τον ερευνητή σε άμεση επαφή με τις ιδιότητες των υλικών, τις τεχνικές δυσκολίες, τις απαιτούμενες δεξιότητες και τους περιορισμούς μιας αρχαίας τεχνολογικής διαδικασίας.

Τέλος, η ανάπτυξη της *αρχαιομετρίας* έχει συμβάλει σημαντικά στη διερεύνηση των δυνατοτήτων μελέτης των αρχαιολογικών υλικών. Η εφαρμογή χημικών, φυσικών και γεωλογικών αναλύσεων επιτρέπει την άντληση πληροφοριών που δεν είναι πάντοτε εφικτή με την απλή μακροσκοπική παρατήρηση. Η σύσταση ενός υλικού, η πιθανή προέλευση μιας πρώτης ύλης, οι συνθήκες παραγωγής, οι τεχνικές κατεργασίας και οι μεταβολές που υπέστη ένα αντικείμενο μπορούν να αποτελέσουν ζητήματα επιστημονικής διερεύνησης. Με αυτόν τον τρόπο, οι φυσικές επιστήμες λειτουργούν συμπληρωματικά προς την αρχαιολογική και την ιστορική ερμηνεία, παρέχοντας πρόσθετα δεδομένα για τη μελέτη των υλικών και των τεχνολογικών πρακτικών του παρελθόντος.

Από αυτή την οπτική, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η πρόσφατη βιβλιογραφία της περιόδου 2020-2026, διότι αποτυπώνει σύγχρονες εξελίξεις τόσο στη θεωρητική όσο και στη μεθοδολογική προσέγγιση της αρχαίας επιστήμης και τεχνολογίας. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελεί έκδοση του *The Cambridge Companion to Ancient Greek and Roman Science* (Taub, 2020), η οποία αναδεικνύει την ευρύτητα και τη διεπιστημονικότητα του σύγχρονου

πεδίου μελέτης. Παράλληλα, σημαντικό μέρος της σύγχρονης έρευνας για την αρχαία τεχνολογία εστιάζει όχι μόνο στα τεχνολογικά προϊόντα και στα τελικά αντικείμενα, αλλά και στις διαδικασίες παραγωγής, στις ιδιότητες των υλικών, στις τεχνικές δεξιότητες και στις μορφές πρακτικής γνώσης που καθιστούσαν δυνατή την κατασκευή και τη χρήση τους. Η συγκεκριμένη μετατόπιση εντάσσει τη μελέτη της αρχαίας τεχνολογίας σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, στο οποίο οι υλικές, τεχνικές, κοινωνικές και γνωστικές διαστάσεις της τεχνολογικής δραστηριότητας εξετάζονται συνδυαστικά.

1.1. Αντικείμενο και σκοπός της εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των σύγχρονων θεωρητικών, διεπιστημονικών και μεθοδολογικών προσεγγίσεων που εφαρμόζονται στη μελέτη των επιστημών και της τεχνολογίας στην αρχαιότητα. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις προσεγγίσεις που εξετάζουν τη σχέση μεταξύ γνώσης και πρακτικής, ανθρώπου και υλικού κόσμου, επιστήμης και κοινωνίας.

Σκοπός της εργασίας είναι να εξετάσει τον τρόπο με τον οποίο η σύγχρονη έρευνα επανεξετάζει τις αρχαίες μορφές επιστημονικής γνώσης και τεχνολογικής πρακτικής και να διερευνήσει τις δυνατότητες αλλά και τους περιορισμούς που προκύπτουν από την αξιοποίηση σύγχρονων μεθόδων και θεωρητικών εργαλείων.

Η βιβλιογραφική διερεύνηση βασίζεται τόσο στη σύγχρονη όσο και στην παλαιότερη βιβλιογραφία, με στόχο την καταγραφή και ανάλυση βασικών τάσεων της πρόσφατης έρευνας και την εξέταση της συμβολής τους στην κατανόηση της αρχαίας επιστήμης και τεχνολογίας. Η παρούσα διπλωματική εργασία εντάσσεται σε αυτή τη σύγχρονη ερευνητική συζήτηση και επιχειρεί να εξετάσει όχι μόνο τι είναι γνωστό σχετικά με τις επιστήμες και την τεχνολογία στην αρχαιότητα, αλλά κυρίως με ποιους τρόπους παράγεται, τεκμηριώνεται και ερμηνεύεται σήμερα η σχετική γνώση και πώς οι σύγχρονες προσεγγίσεις συμβάλλουν στην αναθεώρηση και διεύρυνσή της.

1.2. Ερευνητικό ερώτημα

Το κεντρικό ερευνητικό ερώτημα που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία είναι το ακόλουθο: Πώς μετασχηματίζεται η μελέτη των επιστημών και της τεχνολογίας στην αρχαιότητα μέσα από τις σύγχρονες θεωρητικές, μεθοδολογικές και διεπιστημονικές προσεγγίσεις και πώς αυτές οι προσεγγίσεις συμβάλλουν στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι αρχαίες κοινωνίες παρήγαγαν, οργάνωναν, μετέδιδαν και αξιοποιούσαν γνώσεις και τεχνολογικές πρακτικές στο κοινωνικό, πολιτικό, οικονομικό και πολιτισμικό πλαίσιο της εποχής τους;

Το ερευνητικό ερώτημα αναδύθηκε μετά από βιβλιογραφική έρευνα που επικεντρώθηκε σε επιστημονικές δημοσιεύσεις της περιόδου 2020–2026. Η αναζήτηση αφορούσε μελέτες για την επιστήμη και την τεχνολογία στην αρχαιότητα και πραγματοποιήθηκε κυρίως μέσω του Google Scholar, με στόχο τον εντοπισμό σύγχρονης βιβλιογραφίας. Συμπληρωματικά, αξιοποιήθηκαν επιστημονικές βάσεις δεδομένων και ακαδημαϊκές εκδόσεις.

Στο πλαίσιο της βιβλιογραφικής διερεύνησης χρησιμοποιήθηκαν θεματικές λέξεις-κλειδιά και συνδυασμοί όρων στην αγγλική γλώσσα. Οι αναζητήσεις οργανώθηκαν γύρω από τον γενικό θεματικό άξονα της αρχαίας επιστήμης και τεχνολογίας και στη συνέχεια διευρύνθηκαν σε επιμέρους πεδία, όπως η αρχαία μηχανική και οι μηχανισμοί, η

αρχαιομετρία και τα αρχαία υλικά, οι τεχνολογίες παραγωγής, η κεραμική και οι χρωστικές, η μεταλλουργία και η εξόρυξη, η αρχιτεκτονική και η τεχνολογία κατασκευών, η αρχαία αστρονομία, τα μαθηματικά και η γεωγραφική γνώση, η αρχαία ιατρική, καθώς και η ιστοριογραφία της αρχαίας επιστήμης και τεχνολογίας.

Ενδεικτικά, χρησιμοποιήθηκαν σχετικές θεματικές λέξεις-κλειδιά, όπως *ancient science*, *ancient technology*, *ancient engineering*, *archaeometry*, *ancient materials*, *ancient metallurgy*, *ancient ceramics*, *ancient architecture*, *ancient astronomy*, *ancient mathematics* και *ancient medicine*, καθώς και συνδυασμοί αυτών με όρους που αφορούν συγκεκριμένες τεχνολογικές πρακτικές, υλικά, κατασκευές ή επιστημονικές μεθόδους.

Με βάση τη θεματική συνάφεια των δημοσιεύσεων και το αντικείμενο της εργασίας επιλέχθηκαν συνολικά 20 επιστημονικά άρθρα. Τα άρθρα αυτά καλύπτουν διαφορετικές πλευρές της αρχαίας επιστήμης και τεχνολογίας, καθώς και ποικίλες μεθόδους μελέτης τους. Στόχος δεν ήταν να συγκεντρωθούν όλες οι σχετικές δημοσιεύσεις, αλλά να επιλεγεί ένα σύνολο πρόσφατων μελετών που ανταποκρίνεται στους σκοπούς της εργασίας.

Στη συνέχεια, τα 20 άρθρα ταξινομήθηκαν σε επτά θεματικές ενότητες, ανάλογα με το βασικό θέμα που εξετάζει κάθε άρθρο και τον τρόπο προσέγγισής του. Οι θεματικές ενότητες και η αντίστοιχη κατανομή των άρθρων είναι οι εξής:

1. Αρχαία μηχανική, μηχανισμοί και ανακατασκευή τεχνολογιών (3 άρθρα).
2. Αρχαιομετρία, υλικά και τεχνολογίες παραγωγής (2 άρθρα).
3. Χρωστικές, ζωγραφική και κεραμική τεχνολογία (2 άρθρα).
4. Αρχιτεκτονική, οικοδομική και τεχνολογία κατασκευών (3 άρθρα).
5. Αστρονομία, μαθηματικά και γεωγραφική γνώση (4 άρθρα).
6. Ιατρική και αρχαία επιστημονική γνώση (4 άρθρα) και
7. Ιστοριογραφία και ερμηνευτικές προσεγγίσεις της αρχαίας επιστήμης και τεχνολογίας (2 άρθρα).

Η κατάταξη έγινε με βάση το κύριο θέμα κάθε άρθρου, καθώς αρκετές μελέτες εξετάζουν περισσότερα από ένα επιστημονικά πεδία. Για να μην υπολογιστεί κάποιο άρθρο περισσότερες από μία φορές, κάθε δημοσίευση εντάχθηκε σε μία μόνο ενότητα ανάλογα με το βασικό της προσανατολισμό.

Παράλληλα, αυτή η ταξινόμηση διευκολύνει τη μελέτη της βιβλιογραφίας και αναδεικνύει την ποικιλία των τρόπων με τους οποίους ερευνάται σήμερα η αρχαία επιστήμη και τεχνολογία. Στα άρθρα περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, αναλύσεις αρχαίων υλικών, μελέτες μηχανισμών και κατασκευών, πειραματικές ανακατασκευές, ψηφιακές μέθοδοι, μαθηματικά μοντέλα και ιστορικές-φιλολογικές και διεπιστημονικές προσεγγίσεις.

Η αναλυτική καταγραφή των 20 επιστημονικών άρθρων, συμπεριλαμβανομένων του έτους δημοσίευσης, των συγγραφέων, του περιοδικού και της θεματικής τους ταξινόμησης, παρατίθεται στο Παράρτημα.

Το ερευνητικό ερώτημα προσεγγίζει το αντικείμενο της εργασίας σε δύο αλληλένδετα επίπεδα. Το πρώτο αφορά την ίδια την επιστημονική και τεχνολογική δραστηριότητα των αρχαίων κοινωνιών, ενώ το δεύτερο αφορά τους σύγχρονους τρόπους με τους οποίους αυτή η δραστηριότητα ερευνάται, ανασυντίθεται και ερμηνεύεται. Έτσι, η εργασία δεν περιορίζεται στην παρουσίαση των αρχαίων επιστημονικών και τεχνολογικών επιτευγμάτων, αλλά εξετάζει παράλληλα τον τρόπο με τον οποίο διαμορφώνεται η σύγχρονη γνώση για αυτά.

1.3. Επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα

Το κεντρικό ερευνητικό ερώτημα εξειδικεύεται σε επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα, τα οποία κατευθύνουν τη θεωρητική και αναλυτική προσέγγιση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Πρώτον, τίθεται το ερώτημα κατά πόσο οι σύγχρονοι όροι «επιστήμη» και «τεχνολογία» μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή φαινομένων της αρχαιότητας και πώς οι σύγχρονες προσεγγίσεις ερμηνεύουν τη διαμόρφωση της επιστημονικής γνώσης, τη διαφοροποίηση επιμέρους γνωστικών πεδίων, την ανάπτυξη τεχνολογικών πρακτικών και τη σύνδεσή τους με το κοινωνικό και πολιτικό πλαίσιο κάθε εποχής.

Δεύτερον, εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο οι σύγχρονες ερευνητικές προσεγγίσεις ερμηνεύουν την ανάπτυξη της στρατιωτικής τεχνολογίας, των μαθηματικών, της αστρονομίας και της ιατρικής στην αρχαιότητα, λαμβάνοντας υπόψη κοινωνικούς, πολιτικούς, οικονομικούς και πολιτισμικούς παράγοντες που επηρέασαν τη διαμόρφωση και την εξέλιξή τους.

Ακολούθως, τίθεται το ερώτημα πώς οι σύγχρονες ερευνητικές προσεγγίσεις ερμηνεύουν ζητήματα που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως «παράδοξα», όπως η περιορισμένη διάδοση ορισμένων τεχνολογικών καινοτομιών σε ευρεία παραγωγική κλίμακα και η διαφορετική αντιμετώπιση της ουράνιας και της επίγειας κίνησης στην αρχαία φυσική σκέψη, λαμβάνοντας υπόψη το κοινωνικό, οικονομικό, πολιτικό και πολιτισμικό πλαίσιο των αρχαίων κοινωνιών.

Στη συνέχεια, εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο οι σύγχρονες ερευνητικές προσεγγίσεις αντιμετωπίζουν βασικά προβλήματα της μελέτης της επιστήμης και της τεχνολογίας στην αρχαιότητα, όπως η αξιοποίηση και ερμηνεία των διαθέσιμων πηγών, η χρήση και η μετάφραση της αρχαίας ορολογίας, ο ρόλος των πειραματικών και εμπειρικών πρακτικών στην παραγωγή και τον έλεγχο της γνώσης, καθώς και ζητήματα συνέχειας, μεταβολής και μετάδοσης της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης.

Έπειτα, τίθεται το ερώτημα πώς οι σύγχρονες διεπιστημονικές προσεγγίσεις ερμηνεύουν σημαντικά δημιουργήματα της αρχαιότητας, όπως το θέατρο της Επιδάουρου, το Βυζαντινό ηλιακό ρολόι και το Ευπαλίνειο όρυγμα, εξετάζοντας τις επιστημονικές γνώσεις, τις τεχνικές πρακτικές, τα υλικά και το κοινωνικό πλαίσιο που συνδέονται με την κατασκευή και τη λειτουργία τους.

Τέλος, εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο η διεπιστημονική έρευνα και η κατασκευή λειτουργικών μοντέλων του Μηχανισμού των Αντικυθήρων συμβάλλουν στην κατανόηση της λειτουργίας, της τεχνολογικής πολυπλοκότητας και της πιθανής χρήσης του στην αρχαιότητα.

1.4. Μεθοδολογική προσέγγιση

Για την προσέγγιση του συγκεκριμένου θέματος και την εξέταση των παραπάνω ερωτημάτων πραγματοποιήθηκε ποιοτική βιβλιογραφική και ιστοριογραφική έρευνα. Στο πλαίσιο αυτό, αναλύθηκε τόσο η σύγχρονη όσο και η παλαιότερη επιστημονική βιβλιογραφία. Στόχος δεν ήταν η απλή συγκέντρωση πληροφοριών, αλλά η συστηματική εξέταση της σχετικής βιβλιογραφίας και η καταγραφή των βασικών θεωρητικών και μεθοδολογικών προσεγγίσεων που εμφανίζονται στη σύγχρονη μελέτη της αρχαίας επιστήμης και τεχνολογίας.

Βασικό εργαλείο για τη βιβλιογραφική αναζήτηση αποτέλεσε το Google Scholar. Συμπληρωματικά, αξιοποιήθηκαν επιστημονικές βάσεις δεδομένων, όπως το JSTOR. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε σε άρθρα που δημοσιεύτηκαν κατά την περίοδο 2020–2026, με στόχο την καταγραφή σύγχρονων τάσεων και μεθοδολογικών προσεγγίσεων της μελέτης της επιστήμης και της τεχνολογίας στην αρχαιότητα. Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκαν βιβλία, παλαιότερες μελέτες και άλλες σχετικές δημοσιεύσεις, όπου κρίθηκε απαραίτητο για την ιστορική τεκμηρίωση και την πληρέστερη κατανόηση του θέματος.

1.5. Δομή της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία οργανώνεται σε εννέα κεφάλαια. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια ιστορική αναδρομή της επιστημονικής και τεχνολογικής ανάπτυξης, από την παλαιολιθική εποχή έως τη ρωμαϊκή εποχή. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην αρχαία ελληνική επιστήμη και τεχνολογία, ενώ παράλληλα εξετάζονται επιλεγμένες πτυχές της επιστημονικής δραστηριότητας σε άλλους αρχαίους πολιτισμούς, όπως της Αιγύπτου και της Μεσοποταμίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο, εξετάζεται η έννοια της «επιστήμης», τόσο στην σύγχρονη εκδοχή της όσο και στο πλαίσιο των αρχαίων κοινωνιών, με έμφαση στον κίνδυνο του αναχρονισμού. Παράλληλα, εξετάζονται ζητήματα που αφορούν τη διαμόρφωση και την εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης, τη διαφοροποίηση επιμέρους γνωστικών πεδίων και τη σχέση της επιστήμης με το κοινωνικό και πολιτικό πλαίσιο. Ακολούθως, εξετάζεται η έννοια της «τεχνολογίας» στη σύγχρονη εποχή και στον αρχαίο κόσμο. Τέλος, διερευνάται η σχέση της επιστημονικής γνώσης και της τεχνολογικής πρακτικής με τις κοινωνικές και πολιτικές συνθήκες της αρχαιότητας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τέσσερις τομείς της αρχαίας επιστημονικής και τεχνολογικής δραστηριότητας: η στρατιωτική τεχνολογία, τα μαθηματικά, η αστρονομία και η ιατρική. Η εξέτασή τους αποσκοπεί στην κατανόηση των παραγόντων που συνέβαλαν στη διαμόρφωση και την εξέλιξή τους στις αρχαίες κοινωνίες.

Το πέμπτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο σε δύο ζητήματα που έχουν απασχολήσει ιδιαίτερα τη σύγχρονη ιστοριογραφία της αρχαίας ελληνικής επιστήμης και τεχνολογίας. Το πρώτο αφορά τη διάδοση και την αξιοποίηση της τεχνολογικής καινοτομίας σε ευρύτερη παραγωγική κλίμακα στην αρχαία Ελλάδα, ενώ το δεύτερο αφορά τη διαφορετική αντιμετώπιση της ουράνιας και της επίγειας κίνησης στην αρχαία φυσική σκέψη.

Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται βασικά προβλήματα που ανακύπτουν κατά τη μελέτη των επιστημών και της τεχνολογίας στην αρχαιότητα. Συγκεκριμένα, εξετάζονται οι δυσκολίες που σχετίζονται με τη χρήση και την ερμηνεία των διαθέσιμων πηγών, τη χρήση της γλώσσας και την ορολογία, τον ρόλο των πειραματικών και εμπειρικών πρακτικών, καθώς και τα ζητήματα συνέχειας, μεταβολής και μετάδοσης της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης.

Στο έβδομο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τρία σημαντικά τεχνολογικά και αρχιτεκτονικά επιτεύγματα της αρχαιότητας. Πρόκειται για το αρχαίο θέατρο της Επιδαύρου, το Βυζαντινό ηλιακό ρολόι και το Ευπαλίνειο όρυγμα. Η μελέτη των συγκεκριμένων έργων εξετάζει τις επιστημονικές γνώσεις, τις τεχνικές πρακτικές, τα υλικά και τις μορφές τεχνογνωσίας που συνδέονται με την κατασκευή και τη λειτουργία τους.

Το όγδοο κεφάλαιο αφιερώνεται στον Μηχανισμό των Αντικυθήρων. Ο μηχανισμός αποτελεί ένα από τα πλέον σύνθετα τεχνολογικά ευρήματα της αρχαιότητας και παρόλο που ανακαλύφθηκε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα εξακολουθεί να αποτελεί αντικείμενο διεπιστημονικής έρευνας. Η σύγχρονη μελέτη του έχει αξιοποιήσει αρχαιολογικά, ιστορικά, αστρονομικά, μαθηματικά, μηχανικά και ψηφιακά δεδομένα, ενώ έχουν αναπτυχθεί μηχανικές ανακατασκευές με στόχο την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας και της πιθανής χρήσης του.

Τέλος, στο ένατο κεφάλαιο συνοψίζονται τα βασικά συμπεράσματα της μελέτης και εξετάζεται η συμβολή των σύγχρονων θεωρητικών, μεθοδολογικών και διεπιστημονικών προσεγγίσεων στην κατανόηση της αρχαίας επιστήμης και τεχνολογίας. Παράλληλα, διερευνάται κατά πόσον η μελέτη της ιστορικής εμπειρίας μπορεί να αποτελέσει πολύτιμο εργαλείο για τη χάραξη υπεύθυνων κατευθύνσεων της επιστημονικής και τεχνολογικής εξέλιξης στο μέλλον.

1.6. Βασική θέση της εργασίας

Η παρούσα εργασία στηρίζεται στην παραδοχή ότι σημαντική μετατόπιση στη σύγχρονη μελέτη της επιστήμης και της τεχνολογίας στον αρχαίο κόσμο αφορά όχι μόνο την αξιοποίηση νέων μεθόδων, τεχνικών και ερευνητικών εργαλείων, αλλά και τον επαναπροσδιορισμό των ερωτημάτων μέσω των οποίων το παρελθόν προσεγγίζεται και ερμηνεύεται.

Η σύγχρονη έρευνα δεν περιορίζεται στην αναζήτηση της «πρώτης εφεύρεσης», του «πρώτου επιστήμονα» ή της «πιο προηγμένης» αρχαίας τεχνολογίας. Παράλληλα, εξετάζει τις διαδικασίες μέσα από τις οποίες η γνώση παράγεται και μεταδίδεται, τον ρόλο της εμπειρίας και της δεξιότητας, τη σχέση ανθρώπων και υλικών, τη λειτουργία της τεχνολογίας μέσα στην κοινωνία και τον τρόπο με τον οποίο σύγχρονες επιστημονικές μέθοδοι μπορούν να προσφέρουν νέα δεδομένα και νέες δυνατότητες ερμηνείας. Υπό αυτή την έννοια, η μελέτη της αρχαίας επιστήμης και τεχνολογίας δεν αφορά αποκλειστικά την ανασύνθεση του παρελθόντος, αλλά και τη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι σύγχρονες ερευνητικές και διεπιστημονικές προσεγγίσεις επανεξετάζουν, ερμηνεύουν και διευρύνουν τη γνώση γι' αυτό.

Αυτή η διπλή διάσταση αποτελεί τον βασικό άξονα της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Στόχος δεν είναι απλώς η καταγραφή των νέων μεθόδων και προσεγγίσεων που αξιοποιούνται στη μελέτη της αρχαίας επιστήμης και τεχνολογίας, αλλά η κριτική αποτίμηση της συμβολής τους στην αναθεώρηση, συμπλήρωση και διεύρυνση της σχετικής γνώσης. Μέσα από αυτή την οπτική, επιδιώκεται η εξέταση μιας σύνθετης εικόνας των τρόπων με τους οποίους οι αρχαίες κοινωνίες παρήγαγαν, οργάνωναν, διαχειρίζονταν, μετέδιδαν και αξιοποιούσαν τη γνώση, σε συνάρτηση με το κοινωνικό, πολιτικό, οικονομικό και πολιτισμικό τους περιβάλλον.

2. Ιστορική Αναδρομή

Η ιστορία της επιστημονικής και της τεχνολογικής ανάπτυξης αποτελεί μια μακρά και σύνθετη διαδικασία συσσώρευσης εμπειριών, πρακτικών και γνώσεων. Οι απαρχές αυτής της διαδικασίας εντοπίζονται στις πρώιμες ανθρώπινες κοινωνίες, όπου η παρατήρηση και η πρακτική αντιμετώπιση του φυσικού περιβάλλοντος συνέβαλαν στην ανάπτυξη τεχνικών και εργαλείων που εξυπηρετούσαν ανάγκες επιβίωσης και προσαρμογής. Η τεχνολογική

δραστηριότητα των προϊστορικών κοινωνιών βασίστηκε σε σημαντικό βαθμό στην εμπειρική γνώση και στη σταδιακή εξοικείωση με τις ιδιότητες των φυσικών υλικών και του περιβάλλοντος. Οι εν λόγω πρακτικές μορφές γνώσης αποτέλεσαν σημαντικό υπόβαθρο για την ανάπτυξη μεταγενέστερων και περισσότερο συστηματικών μορφών παρατήρησης και διερεύνησης της φύσης (Daumas, 1969· Lindberg, 1992/2007).

Η πορεία από την Παλαιολιθική εποχή έως τη Ρωμαϊκή περίοδο δεν υπήρξε γραμμική ούτε ομοιόμορφη, αλλά χαρακτηρίστηκε από σημαντικές μεταβολές στις μορφές παραγωγής και μετάδοσης της γνώσης και στις τεχνικές πρακτικές. Στην πορεία αυτή εντάσσονται η χρήση και η διαχείριση της φωτιάς, η εξέλιξη των λίθινων εργαλείων, η ανάπτυξη της γεωργίας και της μεταλλουργίας, η εμφάνιση της γραφής, καθώς και η ανάπτυξη οργανωμένων μορφών μαθηματικής και αστρονομικής γνώσης στη Μεσοποταμία και την Αίγυπτο. Ακολούθησε η ανάπτυξη της φυσικής φιλοσοφίας στον ελληνικό κόσμο και, κατά την ελληνιστική και ρωμαϊκή περίοδο, η περαιτέρω ανάπτυξη και εφαρμογή επιστημονικών και τεχνικών γνώσεων σε ποικίλους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας (Rochberg, 2018· Cuomo, 2007· Lancaster, 2008).

2.1. Παλαιολιθική Εποχή: Οι απαρχές της τεχνολογικής δραστηριότητας

Κατά την Παλαιολιθική εποχή, η ανθρώπινη τεχνολογική δραστηριότητα ήταν στενά συνδεδεμένη με τις ανάγκες επιβίωσης και προσαρμογής στο περιβάλλον. Η κατασκευή λίθινων εργαλείων αποτέλεσε μία από τις σημαντικότερες τεχνολογικές κατακτήσεις των πρώιμων ανθρώπινων κοινωνιών. Η κατασκευή ενός εργαλείου δεν αποτελούσε απλώς μια χειρωνακτική δραστηριότητα, καθώς προϋπέθετε την επιλογή κατάλληλων υλικών, τη γνώση των ιδιοτήτων τους και την ανάπτυξη τεχνικών κατεργασίας. Η διαδικασία αυτή αντανakλούσε τη συσσώρευση πρακτικής γνώσης σχετικά με τις ιδιότητες των διαθέσιμων φυσικών πόρων και τις δυνατότητες αξιοποίησής τους (Daumas, 1969· Lindberg, 1992/2007).

Κατά τη διάρκεια της Παλαιολιθικής περιόδου παρατηρείται σταδιακή διαφοροποίηση των εργαλείων και των τεχνικών κατασκευής τους. Εκτός από την επεξεργασία λίθινων υλικών, αξιοποιήθηκαν και άλλα διαθέσιμα υλικά, όπως το οστό και το ξύλο. Η εξέλιξη αυτή συνδέθηκε με την ικανότητα των ανθρώπων να προσαρμόζουν τις τεχνικές τους στις διαφορετικές συνθήκες του περιβάλλοντος και να αξιοποιούν τους διαθέσιμους φυσικούς πόρους. Συνεπώς, η τεχνολογική δραστηριότητα ήταν στενά συνδεδεμένη με τις ανάγκες, τις δεξιότητες και τις συνθήκες ζωής των προϊστορικών κοινοτήτων (Daumas, 1969· Lindberg, 1992/2007).

Παράλληλα, η χρήση και η διαχείριση της φωτιάς αποτέλεσαν σημαντικές εξελίξεις στην ιστορία της ανθρώπινης τεχνολογικής δραστηριότητας. Η αξιοποίησή της συνδέθηκε με την κάλυψη βασικών αναγκών και εντάχθηκε σταδιακά στο ευρύτερο σύνολο των πρακτικών, μέσω των οποίων οι άνθρωποι επενέβαιναν και προσαρμόζονταν στο φυσικό περιβάλλον. Η γνώση που σχετιζόταν με τη χρήση της φωτιάς είχε σε μεγάλο βαθμό πρακτικό χαρακτήρα και συνδεόταν με την εμπειρία και την επαναλαμβανόμενη εφαρμογή συγκεκριμένων πρακτικών (Lindberg, 1992/2007).

Εξίσου σημαντική ήταν και η ανάπτυξη εμπειρικής γνώσης για το φυσικό περιβάλλον. Οι κυνηγοί και συλλέκτες έπρεπε να αναγνωρίζουν φυτικά και ζωικά είδη, να γνωρίζουν στοιχεία της συμπεριφοράς των ζώων και να προσαρμόζουν τις δραστηριότητές τους στις

περιβαλλοντικές συνθήκες. Πρόκειται για μορφές εμπειρικής γνώσης που δεν μπορούν να ταυτιστούν με την επιστήμη, με τη σύγχρονη έννοια του όρου. Όμως, αποτελούσαν σημαντικό μέρος της ανθρώπινης γνώσης για τη φύση και της πρακτικής αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον (Lindberg, 1992/2007).

2.2. Νεολιθική Εποχή: Η διεύρυνση της τεχνολογικής γνώσης

Η μετάβαση στη Νεολιθική εποχή σηματοδότησε σημαντικές μεταβολές στις σχέσεις μεταξύ ανθρώπου, φυσικού περιβάλλοντος και τεχνολογικής δραστηριότητας. Η εξάπλωση της γεωργίας και της κτηνοτροφίας συνδέθηκε με πιο μόνιμες μορφές εγκατάστασης και δημιούργησε νέες τεχνολογικές ανάγκες και πρακτικές. Η καλλιέργεια της γης προϋπέθετε τη χρήση κατάλληλων εργαλείων, ενώ η αποθήκευση και η επεξεργασία των γεωργικών προϊόντων συνέβαλαν στην ανάπτυξη νέων τεχνικών (Daumas, 1969).

Η κεραμική αποτέλεσε σημαντική τεχνολογική εξέλιξη, καθώς η παραγωγή κεραμικών αντικειμένων απαιτούσε γνώση των ιδιοτήτων των πρώτων υλών, της μορφοποίησης, της ξήρανσης και της όπτησής τους. Παράλληλα, αναπτύχθηκαν τεχνικές υφαντουργίας, οι οποίες προϋπέθεταν εξειδικευμένες γνώσεις για την επεξεργασία των ινών, τη δημιουργία νημάτων και την ύφανση, καθώς και τη χρήση κατάλληλων εργαλείων. Οι εν λόγω εξελίξεις δείχνουν ότι η τεχνολογική δραστηριότητα συνδεόταν ολοένα και περισσότερο με την ανάπτυξη ειδικών δεξιοτήτων και με την διαφοροποίηση των τεχνικών πρακτικών (Daumas, 1969).

Η σταδιακή αξιοποίηση των μετάλλων αποτέλεσε μία ακόμη σημαντική εξέλιξη στην ιστορία της τεχνολογίας. Η κατεργασία του χαλκού και, μεταγενέστερα, η παραγωγή και κατεργασία των κραμάτων του απαιτούσαν εξειδικευμένες γνώσεις και τεχνικές. Παράλληλα, η ανάπτυξη της μεταλλουργίας συνδέθηκε με την εξόρυξη και την επεξεργασία πρώτων υλών, ενώ η αξιοποίηση των μετάλλων εντάχθηκε σε ευρύτερες οικονομικές και κοινωνικές δραστηριότητες (Craddock, 2008· Daumas, 1969).

Συνεπώς, βασικό χαρακτηριστικό της Νεολιθικής περιόδου ήταν η διεύρυνση και η διαφοροποίηση των τεχνολογικών πρακτικών. Πλέον, η τεχνολογική γνώση δεν περιοριζόταν στην κατασκευή εργαλείων, αλλά συνδεόταν ολοένα και περισσότερο με την παραγωγή τροφής, την επεξεργασία και αποθήκευση προϊόντων, την κατασκευή κεραμικών και υφαντών και, σε μεταγενέστερες φάσεις, την επεξεργασία μετάλλων. Αυτές οι πρακτικές εντάσσονταν σε ευρύτερες μορφές κοινωνικής και οικονομικής οργάνωσης (Daumas, 1969).

2.3. Μεσοποταμία και Αίγυπτος: Η εμφάνιση της καταγεγραμμένης γνώσης

Η εμφάνιση των πρώτων εγγράμματων κοινωνιών στη Μεσοποταμία και την Αίγυπτο δημιούργησε νέες δυνατότητες για την οργάνωση, την καταγραφή και τη μετάδοση της γνώσης. Η ανάπτυξη συστημάτων γραφής επέτρεψε την καταγραφή και τη διατήρηση πληροφοριών πέρα από τα όρια της προφορικής παράδοσης. Η εξέλιξη αυτή είχε ιδιαίτερη σημασία για την ανάπτυξη των μαθηματικών, της αστρονομίας και της ιατρικής (Lindberg, 1992/2007).

Στη Μεσοποταμία, η ανάπτυξη της γραφής συνδέθηκε σε σημαντικό βαθμό με διοικητικές και οικονομικές ανάγκες, οι οποίες σχετίζονταν με τη λειτουργία των ανακτόρων και των ναών. Η διαχείριση της γεωργικής παραγωγής, των οικονομικών συναλλαγών, των ημερολογιακών δεδομένων και άλλων διοικητικών δραστηριοτήτων διαμόρφωσε ένα

περιβάλλον στο οποίο αναπτύχθηκαν οργανωμένες μαθηματικές πρακτικές. Τα βαβυλωνιακά μαθηματικά παρουσίασαν σημαντική ανάπτυξη αριθμητικών και γεωμετρικών μεθόδων. Παράλληλα, η αστρονομική παρατήρηση απέκτησε ιδιαίτερα οργανωμένο χαρακτήρα, μέσω της συστηματικής καταγραφής ουράνιων φαινομένων. Συνεπώς, η σύγχρονη ιστοριογραφία της αρχαίας επιστήμης αντιμετωπίζει τη Μεσοποταμία ως ιδιαίτερα σημαντικό πεδίο για τη μελέτη των πρώιμων συστηματικών μορφών μαθηματικής και αστρονομικής γνώσης (Lindberg, 1992/2007·Rochberg, 2018·Winkler, 2022).

Αντίστοιχα, στην Αίγυπτο αναπτύχθηκαν σημαντικές μορφές μαθηματικής, τεχνικής και ιατρικής γνώσης. Η αριθμητική και η γεωμετρική γνώση συνδέθηκαν με πρακτικές ανάγκες, όπως η μέτρηση και η διαχείριση της γης, η οργάνωση της γεωργικής παραγωγής και η κατασκευή μνημειακών έργων. Η οικοδόμηση μεγάλων ναών και ταφικών μνημείων προϋπέθετε γνώσεις σχετικά με τη μέτρηση, τη γεωμετρία, την επεξεργασία και μεταφορά υλικών, καθώς και την οργάνωση της εργασίας (Lindberg, 1992/2007).

Επομένως, η μνημειακή αρχιτεκτονική της Αιγύπτου αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα συνδυασμού μαθηματικών δεξιοτήτων, πρακτικής τεχνικής γνώσης, υλικών πόρων και οργανωμένων μορφών εργασίας (Jones & Taub, 2018).

Παράλληλα, τόσο η αιγυπτιακή όσο και η μεσοποταμιακή παράδοση ανέπτυξαν σημαντικές μορφές ιατρικής γνώσης. Η καταγραφή συμπτωμάτων, θεραπευτικών πρακτικών και φαρμακευτικών ουσιών συνέβαλαν στην οργάνωση και μετάδοση πρακτικών μορφών ιατρικής γνώσης. Ωστόσο, οι σχετικές αντιλήψεις δεν ήταν απομονωμένες από τις ευρύτερες θρησκευτικές και κοσμολογικές αντιλήψεις αυτών των κοινωνιών. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι τα όρια μεταξύ φυσικής παρατήρησης, ιατρικής πρακτικής, θρησκευτικών αντιλήψεων και πρακτικών που σήμερα θα χαρακτηρίζονταν ως μαγικές δεν ήταν πάντοτε διακριτά (Lindberg, 1992/2007).

2.4. Αρχαία Ελλάδα: Η γένεση της φυσικής φιλοσοφίας

Κατά την αρχαϊκή και κλασική περίοδο παρατηρείται σημαντική αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο ορισμένοι Έλληνες στοχαστές προσέγγισαν τη φύση. Οι προσωκρατικοί φιλόσοφοι επιχείρησαν να ερμηνεύσουν τον φυσικό κόσμο, αναζητώντας φυσικές αρχές και αιτίες. Η εξέλιξη αυτή δεν πρέπει να θεωρηθεί ως απόλυτη ρήξη με τις προγενέστερες παραδόσεις, αλλά ως μέρος μιας ευρύτερης ιστορικής διαδικασίας κατά την οποία διαμορφώθηκαν νέοι τρόποι ερμηνείας της φύσης και αποτέλεσε σημαντικό στάδιο στην εξέλιξη της αρχαίας επιστημονικής σκέψης (Lindberg, 1992/2007).

Οι Μιλήσιοι φιλόσοφοι, μεταξύ των οποίων ο Θαλής, ο Αναξίμανδρος και ο Αναξίμανης, αναζήτησαν θεμελιώδεις αρχές μέσω των οποίων επιχείρησαν να ερμηνεύσουν τη δομή και τη μεταβολή του φυσικού κόσμου. Η σημασία τους στην ιστορία της σκέψης συνδέεται κυρίως με την προσπάθεια διατύπωσης γενικών εξηγήσεων για τα φυσικά φαινόμενα, αν και οι συγκεκριμένες θεωρίες τους διαφέρουν σημαντικά από τις σύγχρονες επιστημονικές αντιλήψεις. Παράλληλα, η πυθαγόρεια παράδοση προσέδωσε ιδιαίτερη σημασία στα μαθηματικά και στη σχέση τους με την κατανόηση της φύσης. Κατά την κλασική περίοδο, η γεωμετρική και η αριθμητική γνώση απέκτησαν περισσότερο συστηματικό και θεωρητικό χαρακτήρα, ενώ η μαθηματική απόδειξη αναδείχθηκε σε σημαντικό στοιχείο της μαθηματικής επιχειρηματολογίας (Van der Waerden, 1954/2000).

Κατά τον 5ο και 4ο αιώνα π.Χ. η φυσική φιλοσοφία αναπτύχθηκε περαιτέρω μέσα από ποικίλες φιλοσοφικές προσεγγίσεις, μεταξύ των οποίων ιδιαίτερη θέση κατέχουν τα έργα του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη. Ο Πλάτωνας συνέδεσε τη μελέτη του φυσικού κόσμου με τα μαθηματικά και τη φιλοσοφική διερεύνηση, ενώ ο Αριστοτέλης επιχείρησε να συγκροτήσει ένα ευρύ σύστημα φυσικής φιλοσοφίας που περιλάμβανε τη μελέτη της κίνησης, της μεταβολής, της κοσμολογίας και των έμβιων οργανισμών (Van der Waerden, 1954/2000).

Ο Αριστοτέλης συνέβαλε ιδιαίτερα στη συστηματοποίηση της μελέτης της φύσης, συνδυάζοντας τη λογική ανάλυση και την επιχειρηματολογία με την παρατήρηση και εξέταση των φυσικών φαινομένων. Παρότι πολλές από τις επιμέρους φυσικές θεωρίες του εγκαταλείφθηκαν ή τροποποιήθηκαν μεταγενέστερα, το φιλοσοφικό και επιστημονικό πλαίσιο που διαμόρφωσε άσκησε σημαντική και μακροχρόνια επίδραση στην ιστορία της επιστήμης (Lindberg, 1992/2007).

2.5. Ελληνιστική Περίοδος: Μαθηματικοποίηση και τεχνολογική εξειδίκευση

Η ελληνιστική περίοδος υπήρξε ιδιαίτερα σημαντική για την εξέλιξη των μαθηματικών, της αστρονομίας, της μηχανικής και της ιατρικής. Η ανάπτυξη σημαντικών κέντρων λόγιας και επιστημονικής δραστηριότητας, ιδιαίτερα στην Αλεξάνδρεια, συνέβαλε στη συγκέντρωση, τη μετάδοση και την περαιτέρω επεξεργασία επιστημονικών γνώσεων. Κατά την περίοδο αυτή ενισχύθηκε η αξιοποίηση μαθηματικών μεθόδων για τη μελέτη και την περιγραφή φυσικών φαινομένων (Lindberg, 1992/2007).

Ο Ευκλείδης συστηματοποίησε τη γεωμετρική γνώση σε ένα αυστηρά οργανωμένο αξιωματικό σύστημα, ενώ ο Αρχιμήδης συνέδεσε τη μαθηματική διερεύνηση με προβλήματα μηχανικής και υδροστατικής. Η συμβολή του Αρχιμήδη αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα σύνδεσης της θεωρητικής μαθηματικής γνώσης με προβλήματα που αφορούσαν τη μηχανική και τη μελέτη φυσικών φαινομένων (Lloyd, 1970/2006).

Στην αστρονομία, η ελληνιστική περίοδος χαρακτηρίστηκε από την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων για την περιγραφή των κινήσεων των ουράνιων σωμάτων. Ο Ίππαρχος αξιοποίησε δεδομένα μακροχρόνιων παρατηρήσεων και μαθηματικές μεθόδους, ενώ αργότερα ο Πτολεμαίος ανέπτυξε ένα σύνθετο μαθηματικό σύστημα για την περιγραφή και πρόβλεψη των φαινόμενων κινήσεων των ουράνιων σωμάτων (Lloyd, 1970/2006).

Παράλληλα αναπτύχθηκαν η οπτική, η μηχανική και η μελέτη φαινομένων που σχετίζονταν με τα βάρη και την ισορροπία. Η ιατρική γνώση προχώρησε σημαντικά μέσω της συστηματικότερης μελέτης του ανθρώπινου σώματος. Η ελληνιστική ιατρική παράδοση, ιδιαίτερα στα κέντρα της Αλεξάνδρειας, συνέβαλε στην ανάπτυξη της ανατομίας και της φυσιολογίας. Η εξέλιξη αυτή συνδέθηκε με το γενικότερο ενδιαφέρον για συστηματική διερεύνηση και οργάνωση διαφορετικών μορφών γνώσης (Lindberg, 1992/2007).

Επιπλέον, η ελληνιστική περίοδος συνδέθηκε με σημαντικές τεχνολογικές εξελίξεις. Η πολιορκητική μηχανική, οι καταπέλτες, τα υδραυλικά συστήματα, τα μηχανικά όργανα και οι αυτοματισμοί μαρτυρούν την ανάπτυξη σύνθετων τεχνικών γνώσεων. Ωστόσο, η τεχνολογία, δεν πρέπει να θεωρηθεί απλώς εφαρμογή της θεωρητικής επιστήμης. Η τεχνική γνώση είχε τη δική της παράδοση και αναπτυσσόταν μέσα σε συγκεκριμένο κοινωνικό και οικονομικό πλαίσιο. Συνεπώς, η σχέση ανάμεσα στη θεωρητική γνώση και την τεχνική πρακτική ήταν περισσότερο σύνθετη από μια απλή σχέση «επιστήμης» και «εφαρμογής» (Cuomo, 2007).

2.6. Ρωμαϊκή Εποχή: Τεχνολογία, μηχανική και υποδομές

Ο ρωμαϊκός κόσμος ανέπτυξε και αξιοποίησε ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών και τεχνικών γνώσεων, εντάσσοντάς το σε ένα εκτεταμένο πολιτικό, οικονομικό και κοινωνικό πλαίσιο. Η ρωμαϊκή τεχνολογία χαρακτηρίστηκε από σημαντικές εφαρμογές μεγάλης κλίμακας, ιδιαίτερα στους τομείς των κατασκευών, της υδροδότησης, των μεταφορών, της εξόρυξης, της γεωργίας και της πολεμικής τεχνολογίας. Η ανάπτυξη και η εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών συνδέονταν με συγκεκριμένες ανάγκες, διαθέσιμους πόρους, οργανωτικές δυνατότητες και κοινωνικές συνθήκες. Μάλιστα, η σύγχρονη έρευνα έχει αμφισβητήσει παλαιότερες αντιλήψεις περί γενικευμένης «τεχνολογικής στασιμότητας» στον ρωμαϊκό κόσμο, εξετάζοντας τη διαφοροποίηση των εφαρμογών, των παραγωγικών τεχνικών και των οργανωτικών πρακτικών στις διάφορες περιοχές της αυτοκρατορίας (Oleson, 2008·Wilson, 2009).

Η ρωμαϊκή μηχανική και κατασκευαστική τεχνολογία παρουσιάζουν σημαντική ποικιλία. Οι Ρωμαίοι αξιοποίησαν και εξέλιξαν τεχνικές που αφορούσαν την τοιχοποιία, τις ασπίδες, τους θόλους και τη χρήση του σκυροδέματος. Τα μεγάλα δημόσια έργα εντάσσονταν σε ένα ευρύτερο πλαίσιο αστικής οργάνωσης και κοινωνικής ζωής. Η χρήση του σκυροδέματος και η ανάπτυξη τεχνικών κατασκευής θόλων και ασπίδων συνέβαλαν στην κατασκευή σύνθετων και μεγάλης κλίμακας κτιρίων (de Caro et al., 2024·Fredrick & Vennarucci, 2021).

Ιδιαίτερα σημαντική υπήρξε και η ανάπτυξη των υδραυλικών υποδομών. Τα υδραγωγεία και τα συστήματα διαχείρισης του νερού αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα της ανεπτυγμένης ρωμαϊκής τεχνολογίας. Η κατασκευή και η λειτουργία τους απαιτούσαν γνώσεις σχετικά με την τοπογραφία, τις κλίσεις, τη ροή του νερού και την οικοδομική. Η διαχείριση του νερού συνδεόταν με τη λειτουργία των πόλεων και την παροχή νερού σε δημόσιες εγκαταστάσεις, όπως τα λουτρά και τα σιντριβάνια. Οι σχετικές δομές αποτελούν σημαντική μαρτυρία για την ικανότητα σχεδιασμού, κατασκευής και συντήρησης σύνθετων έργων στον ρωμαϊκό κόσμο (Wilson, 2008).

Παράλληλα, η ρωμαϊκή οικονομία αξιοποίησε τεχνολογίες εξόρυξης και μεταλλουργίας σε σημαντική κλίμακα. Η εξόρυξη μετάλλων, η επεξεργασία πρώτων υλών και η παραγωγή κεραμικών, γυαλιού και άλλων προϊόντων συνδέθηκαν με εξειδικευμένες τεχνικές και με την αξιοποίηση φυσικών πόρων. Η μεταλλουργική δραστηριότητα περιλάμβανε διαδικασίες εξόρυξης, κατεργασίας και επεξεργασίας μεταλλευμάτων και αποτέλεσε σημαντικό τμήμα της τεχνολογικής και της οικονομικής δραστηριότητας του ρωμαϊκού κόσμου (Craddock, 2008· Costantini et al., 2025).

Συμπερασματικά, η ιστορική διαδρομή της επιστήμης και της τεχνολογίας από την προϊστορία έως τη ρωμαϊκή περίοδο καταδεικνύει ότι τόσο η παραγωγή γνώσης όσο και η ανάπτυξη τεχνολογικών πρακτικών συνδέονταν στενά με τις κοινωνίες στις οποίες αναπτύχθηκαν. Οι μορφές γνώσης και οι τεχνικές πρακτικές επηρεάζονταν από τις ανάγκες των κοινωνιών, την οικονομική δραστηριότητα, τους διαθέσιμους πόρους, τις μορφές οργάνωσης και τα ευρύτερα κοινωνικά, πολιτικά και πολιτισμικά πλαίσια. Συνεπώς, η ιστορία των επιστημών και της τεχνολογίας στην αρχαιότητα δεν αφορά μόνο την εξέλιξη επιστημονικών ιδεών και τεχνολογικών επιτευγμάτων, αλλά και τις κοινωνικές, υλικές και οργανωτικές συνθήκες μέσα στις οποίες αυτά παρήχθησαν, μεταδόθηκαν και αξιοποιήθηκαν.

3. Οι επιστήμες και η τεχνολογία στην αρχαιότητα

Η μελέτη των επιστημών και της τεχνολογίας στον αρχαίο κόσμο συνιστά ένα σύνθετο ερευνητικό εγχείρημα, το οποίο προϋποθέτει τη διερεύνηση των τρόπων παραγωγής, οργάνωσης, μετάδοσης και αξιοποίησης της γνώσης στο εκάστοτε ιστορικό πλαίσιο. Για τον λόγο αυτό, κρίνεται αναγκαία η εννοιολογική αποσαφήνιση των όρων «επιστήμη» και «τεχνολογία», καθώς η άκριτη μεταφορά σύγχρονων ορισμών στο παρελθόν ενδέχεται να οδηγήσει σε αναχρονιστικές ερμηνείες και εσφαλμένα συμπεράσματα. Παράλληλα, η κατανόηση της επιστημονικής και τεχνολογικής εξέλιξης απαιτεί τη μελέτη της εμφάνισης, της διαμόρφωσης και της σταδιακής διαφοροποίησης των επιμέρους γνωστικών πεδίων, καθώς και των κοινωνικών, οικονομικών και πολιτικών συνθηκών μέσα στις οποίες αναπτύχθηκαν.

Στο παρόν κεφάλαιο επιχειρείται η αποσαφήνιση των εννοιών «επιστήμη» και «τεχνολογία», τόσο στη σύγχρονη εποχή όσο και στον αρχαίο κόσμο, με ιδιαίτερη έμφαση στον κίνδυνο του αναχρονισμού. Παράλληλα, εξετάζονται η διαμόρφωση της επιστημονικής σκέψης και η σταδιακή διαφοροποίηση των επιμέρους επιστημονικών πεδίων. Τέλος, διερευνάται ο ρόλος του κοινωνικού και πολιτικού πλαισίου στη συγκρότηση, τη μετάδοση και την αξιοποίηση της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης.

3.1. Η επιστήμη σήμερα

Η προσπάθεια διατύπωσης ενός σαφούς και γενικά αποδεκτού ορισμού της επιστήμης παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες. Το ερώτημα «τι είναι η επιστήμη;» έχει απασχολήσει επιστήμονες, φιλόσοφους και ιστορικούς, καθώς η διερεύνησή του προϋποθέτει την αξιοποίηση προσεγγίσεων από την επιστημολογία, την ιστορία, τη φιλοσοφία και την κοινωνιολογία της επιστήμης. Η δυσκολία διατύπωσης ενός ενιαίου ορισμού οφείλεται, μεταξύ άλλων, στο γεγονός ότι η επιστήμη μπορεί να εξεταστεί ως σώμα γνώσεων, ως διαδικασία παραγωγής γνώσης, ως ανθρώπινη δραστηριότητα αλλά και ως κοινωνικός θεσμός. Επομένως, ο ορισμός της επιστήμης συνδέεται στενά με τις μεθόδους και τις πρακτικές μέσω των οποίων παράγεται και ελέγχεται η γνώση, χωρίς να ταυτίζεται πλήρως με αυτές (Chalmers, 2013·Lindberg, 1992/1997).

Μέχρι σήμερα, δεν έχει διατυπωθεί ένας ορισμός της επιστήμης που να είναι γενικά αποδεκτός. Ο Lindberg παρουσιάζει ορισμένες διαφορετικές αντιλήψεις για την επιστήμη, οι οποίες βασίζονται σε διακριτά κριτήρια:

1. Η επιστήμη είναι σύνολο καθολικών προτάσεων με τη μορφή νόμων, οι οποίες συχνά εκφράζονται με τη χρήση μαθηματικής γλώσσας.
2. Η επιστήμη είναι σύνολο πειραματικών διαδικασιών με στόχο τη διερεύνηση της φύσης και τον έλεγχο των σχετικών θεωριών.
3. Η επιστήμη, υπό τη γνωσιολογική της βάση, είναι ένας τρόπος απόκτησης και θεμελίωσης της γνώσης. Οι επιστημονικές πεποιθήσεις δεν στηρίζονται στην αυθεντία, απεναντίας, υπόκεινται διαρκώς σε έλεγχο και αναθεώρηση με βάση νέα στοιχεία.
4. Η επιστήμη, σύμφωνα με το περιεχόμενό της, είναι ένα σύνολο πεποιθήσεων για τη φύση. Η συγκεκριμένη προσέγγιση αναδεικνύει το ζήτημα της οριοθέτησης της επιστήμης σε σχέση με άλλα πεδία γνώσης, όπως η αλχημεία, η αστρολογία και η παραψυχολογία.

5. Η επιστήμη ως χαρακτηρισμός αντικειμενικότητας και αυστηρότητας. Ο όρος «επιστήμη» και ο χαρακτηρισμός «επιστημονικός» χρησιμοποιούνται για να υποδηλώσουν την αντικειμενικότητα, την αυστηρότητα και την ακρίβεια κάθε πεποίθησης ή διαδικασίας.

6. Η επιστήμη ως όρος επιδοκιμασίας. Ο όρος «επιστήμη» και ο χαρακτηρισμός «επιστημονικός» χρησιμοποιούνται για επιδοκιμασία, προκειμένου να αποδώσουν κύρος ή αξιοπιστία (Lindberg, 1992/1997).

Οι παραπάνω προσεγγίσεις αναδεικνύουν την πολυσημία του όρου «επιστήμη» και δείχνουν ότι ο τρόπος με τον οποίο ορίζεται εξαρτάται από τα κριτήρια που υιοθετούνται. Στο πλαίσιο της ιστορικής μελέτης της επιστήμης, ιδιαίτερη σημασία έχει η διάκριση ανάμεσα στην επιστήμη ως ευρύτερη ανθρώπινη δραστηριότητα, η οποία περιλαμβάνει πρακτικές, τεχνικές και διαδικασίες παραγωγής γνώσης και στην επιστήμη ως οργανωμένο σώμα θεωρητικής γνώσης.

1^η αντίληψη: Η επιστήμη ως ευρύτερη ανθρώπινη δραστηριότητα

Η επιστήμη νοείται ως δραστηριότητα των ανθρώπων, μέσω της οποίας επιδιώκουν να αποκτήσουν γνώση και έλεγχο του φυσικού περιβάλλοντός τους. Η συγκεκριμένη άποψη προϋποθέτει τη σύνδεση της επιστήμης με την τεχνολογία και τις τεχνικές παραδόσεις που ανέπτυξαν οι τεχνίτες. Συνεπώς, η προϊστορική τεχνογνωσία και οι πρακτικές δραστηριότητες, όπως η κατεργασία των μετάλλων, η κατασκευή εργαλείων και η καλλιέργεια της γης, εντάσσονται στην ευρύτερη ιστορία της ανθρώπινης γνώσης (Lindberg, 1992/1997· Farrington, 1989). Υπό αυτή την έννοια, η ελληνική επιστημονική σκέψη δεν μπορεί να εξεταστεί ανεξάρτητα από τις προγενέστερες επιστημονικές και τεχνικές παραδόσεις των πολιτισμών της Ανατολής. Έτσι, η ανάπτυξη της επιστημονικής σκέψης στον αρχαίο ελληνικό κόσμο δεν αντιμετωπίζεται ως απομονωμένο φαινόμενο, αλλά διερευνάται σε σχέση με τις γνώσεις, τις πρακτικές και τις πολιτισμικές ανταλλαγές που προηγήθηκαν ή συνυπήρξαν με αυτήν (Farrington, 1989).

2^η αντίληψη: Η επιστήμη ως θεωρητική γνώση και η τεχνολογία ως πρακτική εφαρμογή

Η επιστήμη και η τεχνολογία διακρίνονται μεταξύ τους καθώς η επιστήμη θεωρείται ένα σύνολο θεωρητικής γνώσης, ενώ η τεχνολογία νοείται ως εφαρμογή αυτής της γνώσης για την επίλυση διαφόρων πρακτικών προβλημάτων (Lindberg, 1992/1997). Υπό αυτή την έννοια, αναδεικνύεται ο θεωρητικός χαρακτήρας ορισμένων κλάδων της αρχαίας ελληνικής γνώσης, ιδιαίτερα των μαθηματικών και της φυσικής φιλοσοφίας. Παράλληλα, χρειάζεται να αποφεύγεται η αντίληψη ότι η τεχνολογία αποτελεί πάντοτε απλή εφαρμογή της επιστήμης, καθώς στην αρχαιότητα η τεχνική εμπειρία και η πρακτική εξειδίκευση μπορούσαν να αναπτύσσονται με σχετική αυτονομία από τη θεωρητική διερεύνηση. Επομένως, η σχέση επιστήμης και τεχνολογίας δεν υπήρξε σταθερή σε όλες τις ιστορικές περιόδους και απαιτεί εξέταση μέσα στο εκάστοτε κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο (Farrington, 1989).

3.2. Η επιστήμη στην αρχαιότητα – Ο κίνδυνος του αναχρονισμού

Λαμβάνοντας υπόψη την πολυσημία του σύγχρονου ορισμού «επιστήμη», προκύπτει το ερώτημα κατά πόσο υπάρχει αντίστοιχη έννοια στον αρχαίο κόσμο. Στην αρχαία ελληνική γραμματεία υπάρχει ο όρος «επιστήμη», ο οποίος συνδεόταν με τη γνώση και, ανάλογα με το φιλοσοφικό πλαίσιο, με τη βέβαιη ή τεκμηριωμένη γνώση. Παράλληλα, ο όρος «δόξα»

δήλωνε τη γνώμη ή την πεποίθηση και, σε ορισμένα φιλοσοφικά συμφραζόμενα, διέφερε από την «επιστήμη». Ωστόσο, οι σημασίες αυτών των όρων διαφοροποιούνταν ανάλογα με το φιλοσοφικό και το ιστορικό πλαίσιο. Συνεπώς, η έννοια της επιστήμης στον σύγχρονο κόσμο δεν ταυτίζεται με εκείνη στον αρχαίο κόσμο και δεν θα πρέπει να μεταφέρεται άκριτα στην αρχαιότητα (Lloyd, 2008·Rihll, 1999).

Στην ιστοριογραφία της αρχαίας επιστήμης χρησιμοποιούνται όροι όπως «φιλοσοφία», «φυσική φιλοσοφία» και «θεωρία και περί φύσεως ιστορία», οι οποίοι παρουσιάζουν αντιστοιχίες με τη σύγχρονη έννοια της επιστήμης. Οι έννοιες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τη μελέτη των αρχαίων κειμένων, υπό την προϋπόθεση ότι λαμβάνονται υπόψη οι διαφορετικές σημασίες και τα ιστορικά και φιλοσοφικά συμφραζόμενα (Lloyd, 2008). Τέλος, οι όροι «φυσική φιλοσοφία» και «φιλοσοφία της φύσης» χρησιμοποιούνται από τους ιστορικούς της επιστήμης για να περιγράψουν μορφές συστηματικής διερεύνησης του φυσικού κόσμου στην αρχαιότητα, χωρίς να ταυτίζονται απόλυτα με τη σύγχρονη επιστήμη. Παράλληλα, στο πλαίσιο της αρχαίας γνώσης και της διερεύνησης της φύσης αναπτύχθηκαν και διαφοροποιήθηκαν επιμέρους πεδία, όπως τα μαθηματικά, η αστρονομία, η οπτική, η ιατρική, η μηχανική, και η φυσική ιστορία (Lindberg, 1992/1997).

Στο σημείο αυτό, είναι σημαντικό να επισημανθεί ο κίνδυνος του αναχρονισμού. Εάν ο ιστορικός της επιστήμης μελετούσε τις πρακτικές, τις αντιλήψεις και τις μορφές γνώσεις του παρελθόντος, αποκλειστικά μέσα από τα εννοιολογικά και μεθοδολογικά πλαίσια της σύγχρονης επιστήμης, θα υπήρχε κίνδυνος να προκύψει μια έντονα παραμορφωμένη εικόνα. Η παραμόρφωση αυτή θα μπορούσε να οφείλεται στις σημαντικές διαφοροποιήσεις που παρουσιάζουν, ανάλογα με την εποχή, το περιεχόμενο, οι μορφές οργάνωσης, οι μέθοδοι, οι στόχοι και οι κοινωνικές λειτουργίες της γνώσης. Συνεπώς, η ιστορική κατανόηση προϋποθέτει την αποδοχή του παρελθόντος. Δηλαδή, την εξέταση των αρχαίων πρακτικών και αντιλήψεων μέσα στα δικά τους ιστορικά και πολιτισμικά συμφραζόμενα, χωρίς να αντιμετωπίζονται αποκλειστικά ως προδρομικές μορφές της σύγχρονης επιστήμης (Lloyd, 1992·Lindberg,1992/1997).

3.3. Η «γένεση» της επιστήμης

Η προσπάθεια προσδιορισμού της «γένεσης» της επιστήμης αποτελεί ένα σύνθετο ιστοριογραφικό ζήτημα. Οι περισσότεροι ιστορικοί της αρχαίας επιστήμης υποστηρίζουν ότι η επιστήμη έχει συγκεκριμένη χωρική και χρονική αφετηρία. Σύμφωνα με αυτούς, η επιστημονική σκέψη και η φιλοσοφία γεννήθηκαν στην αρχαία Ελλάδα, καθώς οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι ήταν οι πρώτοι που επιχείρησαν να ερμηνεύσουν τα φυσικά φαινόμενα στηριζόμενοι σε ορθολογικά επιχειρήματα και όχι σε κάποια ανώτερη δύναμη (Βαμβακάς, 2012). Αντίθετα, οι υπόλοιποι λαοί, ακόμα και αυτοί που ανέπτυξαν σημαντικούς πολιτισμούς όπως Βαβυλώνιοι, Σουμέριοι, Αιγύπτιοι, προσπάθησαν να ερμηνεύσουν αυτά τα φαινόμενα με βάση τη θρησκεία. Ωστόσο, οι αρχαίες ελληνικές φιλοσοφικές και επιστημονικές παραδόσεις δεν ταυτίζονται με τη σύγχρονη επιστήμη, καθώς διαφοροποιούνται ως προς το περιεχόμενο, τις μεθόδους, τους στόχους και το ευρύτερο κοινωνικό και φιλοσοφικό τους πλαίσιο. Υπό αυτή την έννοια, η αρχαία ελληνική φιλοσοφία μπορεί να θεωρηθεί σημαντική ιστορική έκφραση της συστηματικής προσπάθειας ερμηνείας

του φυσικού κόσμου μέσω επιχειρημάτων, παρατήρησης και κριτικής διερεύνησης (Heisenberg, 1959·Lloyd, 1992).

Γνωρίζοντας ότι οι Έλληνες δεν ήταν οι πρώτοι που ανέπτυξαν τομείς όπως τα μαθηματικά, την ιατρική και την αστρονομία προκύπτει το ερώτημα σχετικά με τους παράγοντες που ευνόησαν την ανάπτυξη της φιλοσοφικής σκέψης στον αρχαίο ελληνικό κόσμο. Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, η Ιωνία αποτελεί σημαντικό χώρο για τη διερεύνηση αυτού του ζητήματος. Οι πόλεις της περιοχής διέθεταν έντονη εμπορική δραστηριότητα και διατηρούσαν ποικίλες εμπορικές, πολιτικές, στρατιωτικές και πολιτιστικές επαφές με πληθυσμούς και κοινωνίες της Ανατολικής Μεσογείου και της Εγγύς Ανατολής. Οι επαφές αυτές δημιούργησαν συνθήκες ανταλλαγής γνώσεων, πρακτικών και ιδεών, χωρίς να μπορούν να θεωρηθούν από μόνες τους επαρκής εξήγηση για την ανάπτυξη της ελληνικής φιλοσοφίας. Στο πλαίσιο αυτό, ο Θαλής ο Μιλήσιος αποτελεί μία από τις σημαντικότερες μορφές της πρώιμης ελληνικής φυσικής φιλοσοφίας, καθώς επιχείρησε να διερευνήσει τη φύση και την αρχή των πραγμάτων μέσω φυσικών ερμηνειών και ορθολογικού επιχειρήματος (Lloyd,1970/2006· Lindberg, 1992/1997).

Οι πρώιμοι Έλληνες φιλόσοφοι έστρεψαν ιδιαίτερα το ενδιαφέρον τους στην αναζήτηση γενικών αρχών και αιτιών που θα μπορούσαν να ερμηνεύσουν την τάξη και τη μεταβολή του φυσικού κόσμου. Η δραστηριότητά τους δεν περιοριζόταν αποκλειστικά στην επίλυση πρακτικών προβλημάτων, αλλά περιλάμβανε και τη θεωρητική διερεύνηση θεμελιωδών ερωτημάτων σχετικά με τη φύση, την αρχή των πραγμάτων και τη δυνατότητα γνώσης. Ωστόσο, η διάκριση μεταξύ θεωρητικής και πρακτικής γνώσης δεν θα πρέπει να θεωρηθεί απόλυτη, καθώς οι αρχαίες κοινωνίες διέθεταν ήδη σημαντικές εμπειρικές και τεχνικές γνώσεις. Η συμβολή των πρώιμων φιλοσόφων έγκειται, μεταξύ άλλων, στην προσπάθεια διατύπωσης γενικότερων ερμηνειών και στην υποβολή των απόψεων σε διαδικασίες επιχειρηματολογίας και κριτικής (Βαμβακάς, 2012· Lindberg, 1992/1997).

Οι απόψεις των Μιλήσιων φιλοσόφων μπορούν να θεωρηθούν σημαντικό στάδιο στη διαμόρφωση της ελληνικής φυσικής φιλοσοφίας και, ευρύτερα, στην ιστορία της συστηματικής διερεύνησης της φύσης. Οι Μιλήσιοι επιχείρησαν να διερευνήσουν τη φυσική πραγματικότητα και να αναζητήσουν την αρχή των πραγμάτων, διατυπώνοντας ερμηνείες που σε σημαντικό βαθμό διαφοροποιούνταν από μυθολογικές και προσωποποιημένες εξηγήσεις της φύσης. Παράλληλα, η ανάπτυξη διαφορετικών και συχνά αντικρουόμενων θεωριών δημιούργησε την ανάγκη επιχειρηματολογίας, κριτικής και αντιπαράθεσης μεταξύ διαφορετικών απόψεων. Με αυτόν τον τρόπο, η γνώση δεν αντιμετωπιζόταν αποκλειστικά ως αποδοχή μιας αυθεντίας, αλλά μπορούσε να αποτελεί αντικείμενο συζήτησης, αμφισβήτησης και αναθεώρησης (Lindberg, 1992/1997· Lloyd, 1970/2006).

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που επηρέασε τη συγκρότηση και τη μετάδοση της γνώσης στον αρχαίο ελληνικό κόσμο ήταν η ανάπτυξη και η διάδοση της γραφής. Κατά τον 8ο αιώνα π.Χ., στον ελληνικό κόσμο διαμορφώθηκε η χρήση της αλφαβητικής γραφής, η οποία διευκόλυνε την καταγραφή και τη μετάδοση του λόγου. Σε αντίθεση με προγενέστερα συστήματα γραφής, το ελληνικό αλφάβητο περιλάμβανε συστηματική αποτύπωση τόσο των συμφώνων όσο και των φωνηέντων. Η δυνατότητα καταγραφής του λόγου συνέβαλε στη διατήρηση και στη διάδοση πληροφοριών και ιδεών και δημιούργησε νέες δυνατότητες για τη σύγκριση, την κριτική και την επεξεργασία διαφορετικών απόψεων. Επομένως, η

διάκριση της αληθείας από τους μύθους και τους θρύλους ήταν εφικτή (Lindberg, 1992/1997).

Πέρα από τη διάδοση της γραφής, στην ανάπτυξη της φιλοσοφικής και επιστημονικής σκέψης συνέβαλαν ένα σύνολο αλληλένδετων παραγόντων, όπως οι οικονομικές και κοινωνικές μεταβολές, η ανάπτυξη νέων μορφών πολιτικής οργάνωσης, οι εμπορικές και πολιτιστικές επαφές με άλλους πολιτισμούς της Ανατολής και η εντονότερη δημόσια αντιπαράθεση ιδεών. Παράλληλα, η ανάπτυξη ενός ανταγωνιστικού ή αγωνιστικού πνεύματος σε διάφορες πλευρές της κοινωνικής και πνευματικής ζωής μπορούσε να ενισχύσει τη διατύπωση, τη σύγκριση και την κριτική διαφορετικών απόψεων. Ωστόσο, ο σημαντικότερος παράγοντας ήταν η ανάδυση ενός πολιτισμού, για πρώτη φορά, με τη γραφή να είναι ευρέως διαδεδομένη (Robb, 1994).

3.4. Ο διαχωρισμός των επιστημών

Στον πλατωνικό στοχασμό ιδιαίτερη θέση κατείχαν οι μαθηματικές επιστήμες, οι οποίες αποτελούσαν βασικό μέρος της ανώτερης παιδείας. Ειδικότερα, στην *Πολιτεία* ο Πλάτωνας παρουσιάζει ως διαδοχικά στάδια της μαθηματικής παιδείας την αριθμητική, τη γεωμετρία, τη στερεομετρία, την αστρονομία και την αρμονική. Οι συγκεκριμένες γνωστικές περιοχές θεωρούνταν σημαντικές για την καλλιέργεια της αφαιρετικής και διανοητικής ικανότητας και προετοίμαζαν τον φιλόσοφο για την ανώτερη βαθμίδα της διαλεκτικής. Συνεπώς, η μαθηματική γνώση δεν αντιμετωπιζόταν απλώς ως σύνολο πρακτικών υπολογισμών, αλλά ως μέσο πνευματικής καλλιέργειας και προσέγγισης της γνώσης (Ζηρογιάννης & Βογιατζάκης, 2017).

Παράλληλα, ο Πλάτωνας διέκρινε τις θεωρητικές και διανοητικές δραστηριότητες από τις τέχνες οι οποίες συνδέονταν περισσότερο με την πρακτική δραστηριότητα και την εφαρμογή γνώσεων και δεξιοτήτων. Υπήρχε ιεράρχηση και των τεχνών. Με βάση την εγγύτητα που είχαν προς την μαθηματική γνώση, κατώτερες ήταν η ρητορική και η ιατρική, ενώ ανώτερη ήταν η αρχιτεκτονική (Smith, 2019).

Ο Αριστοτέλης διατύπωσε πιο συστηματική διάκριση των μορφών γνώσης και των επιστημών σε θεωρητικές, πρακτικές και ποιητικές ή παραγωγικές. Οι θεωρητικές επιστήμες αποσκοπούσαν πρωτίστως στην απόκτηση γνώσης και στην αναζήτηση της αλήθειας, χωρίς απώτερο στόχο την εφαρμογή ή την πρακτική χρησιμότητα. Θεωρητικές επιστήμες ήταν η φυσική επιστήμη, την οποία ο Αριστοτέλης θεωρούσε ως τη βασική επιστήμη, η μαθηματική επιστήμη, της οποίας η σημασία διέφερε από εκείνη που της απέδιδε ο Πλάτωνας, και η πρώτη φιλοσοφία, η οποία ήταν η επιστήμη που μελετούσε την ολότητα της ύπαρξης. Οι πρακτικές επιστήμες αφορούσαν την ανθρώπινη συμπεριφορά και περιλάμβαναν, μεταξύ άλλων, την ηθική και την πολιτική. Οι ποιητικές ή παραγωγικές επιστήμες και τέχνες αφορούσαν δεξιότητες που στόχευαν στην παραγωγή ενός αποτελέσματος ή έργου. Σε αυτές ανήκαν η ιατρική και οι καλές τέχνες. Κατά τον Αριστοτέλη, σκοπός της ιατρικής ήταν επίτευξη της υγείας (Barnes, 2000· Ζηρογιάννης & Βογιατζάκης, 2017).

Η διάκριση του Αριστοτέλη είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη μελέτη της σχέσης επιστήμης, τέχνης και τεχνολογίας στην αρχαιότητα, καθώς καταδεικνύει ότι τα όρια μεταξύ θεωρητικής γνώσης και πρακτικής δραστηριότητας δεν ταυτίζονται με τις σύγχρονες διακρίσεις μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας. Η *τέχνη* μπορούσε να περιλαμβάνει οργανωμένη γνώση και δεξιότητες που αποσκοπούσαν στην παραγωγή συγκεκριμένου αποτελέσματος. Επομένως, οι

πρακτικές και παραγωγικές δραστηριότητες δεν πρέπει να θεωρούνται απλώς εφαρμογές μιας αναπτυγμένης θεωρητικής επιστήμης (Barnes, 2000).

Όσον αφορά την ιατρική, κατά την κλασική αρχαιότητα αποτελούσε ένα σύνθετο σύνολο γνώσεων, αντιλήψεων και εμπειρικών πρακτικών. Οι γνώσεις μας για την άσκηση της ιατρικής κατά την περίοδο αυτή προέρχονται τόσο από αρχαιολογικά ευρήματα όσο και από γραπτές πηγές, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται τα έργα της Ιπποκρατικής Συλλογής και του Γαληνού. Ο λόγος του Ιπποκράτη συνδέθηκε σε σημαντικό βαθμό με την προσπάθεια αναζήτησης των αιτίων κάθε παθολογικής κατάστασης και με την αξιοποίηση της παρατήρησης και της εμπειρίας. Ωστόσο, η ιατρική δεν αντιμετωπιζόταν ως «επιστήμη» με τη σύγχρονη σημασία του όρου. Αντίθετα, στον αρχαίο ελληνικό λόγο η ιατρική μπορούσε να χαρακτηρίζεται ως *τέχνη*, γεγονός που αναδεικνύει τη διαφορετική σχέση μεταξύ γνώσης, θεωρίας και πρακτικής στην αρχαιότητα (Craik, 2018).

Η σχέση μεταξύ επιστήμης και τέχνης στην ιατρική συνέχισε να αποτελεί αντικείμενο συζήτησης και στη νεότερη εποχή. Το 1869, ο Armand Trousseau, σημαντική μορφή της γαλλικής ιατρικής του 19^{ου} αιώνα, τόνιζε τη στενή σχέση μεταξύ επιστήμης και τέχνης στην ιατρική, επισημαίνοντας τη μεταβολή από την παραδοσιακή αντίληψη της ιατρικής ως τέχνης προς την προσπάθεια ενίσχυσης του επιστημονικού της χαρακτήρα. Περίπου μισό αιώνα αργότερα, ο Frederick Andrewes διατύπωσε αντίστοιχη διάκριση, υποστηρίζοντας ότι η επιστήμη αποσκοπεί στην αναζήτηση της γνώσης, ενώ η ιατρική έχει ως άμεσο πρακτικό σκοπό τη θεραπεία και την πρόληψη της νόσου. Παράλληλα, αναγνώριζε ότι η ιατρική μπορεί να θεωρηθεί επιστήμη με ευρύτερη έννοια, καθώς στηρίζεται σε επιστημονικούς κλάδους όπως η φυσιολογία, η παθολογία και η φαρμακολογία. Η συζήτηση συνεχίστηκε και κατά τον 20ό αιώνα. Το 1994, οι Howard H. Hiatt και Lee Goldman δημοσίευσαν στο *Nature* το άρθρο «Making medicine more scientific», στο οποίο εξετάζεται η ανάγκη ενίσχυσης της επιστημονικής βάσης της ιατρικής και της σύνδεσης των εξελίξεων της βιολογικής επιστήμης με την ιατρική εκπαίδευση και θεραπευτική πρακτική (Porter, 1997· Ζηρογιάννης & Βογιατζάκης, 2017).

3.5. Η τεχνολογία σήμερα

Στη σύγχρονη εποχή, η τεχνολογία συνδέεται στενά με την εφαρμογή της επιστημονικής γνώσης για την επίλυση πρακτικών προβλημάτων, χωρίς όμως να περιορίζεται σε αυτήν. Επίσης, περιλαμβάνει τεχνικές γνώσεις, πρακτικές, διαδικασίες, εργαλεία και μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη συγκεκριμένων ανθρώπινων σκοπών. Σύμφωνα με τον Arthur, η τεχνολογία μπορεί να θεωρηθεί ως μέσο για την εκπλήρωση ενός ανθρώπινου σκοπού. Δηλαδή, περιλαμβάνει τόσο τα μηχανήματα και τα εργαλεία που είναι σε θέση να κατασκευάσει ο άνθρωπος, προκειμένου να επιλύσει ένα πλήθος προβλημάτων, όσο και τις πρακτικές και τις διαδικασίες μέσω των οποίων αυτά σχεδιάζονται, κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται (Arthur, 2009). Ωστόσο, κρίνεται απαραίτητο να επισημανθεί ότι στις μέρες μας η αλληλεπίδραση της επιστήμης με την τεχνολογία δεν σημαίνει αποκλειστικά ότι η τεχνολογία στηρίζεται στην επιστήμη, αλλά και ότι η επιστήμη στηρίζεται στην τεχνολογία. Συγκεκριμένα, η τεχνολογία έχει συμβάλει καθοριστικά στην ανάπτυξη της επιστήμης παρέχοντας νέα επιστημονικά όργανα και τεχνικές που διευρύνουν τις δυνατότητες παρατήρησης, μέτρησης και πειραματισμού (Καρασμάνης, 1997).

Σύμφωνα με τον Farrington (1944/1989), η καταγωγή της επιστήμης βρίσκεται στην τεχνική, στις δεξιότητες και στις ικανότητες του ανθρώπου. Συνεπώς, η εμπειρία αποτελεί σημαντική πηγή της επιστημονικής γνώσης. Παράλληλα, η επιστήμη συνδέεται στενά με τις νοητικές ικανότητες κατανόησης και ερμηνείας της πραγματικότητας. Επομένως, η επιστημονική γνώση προϋποθέτει τη διαμόρφωση λογικά επεξεργασμένων θεωριών, οι οποίες μπορούν να ελεγχθούν και να επιβεβαιωθούν μέσω της πρακτικής εφαρμογής. Κατά συνέπεια, η σχέση μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας είναι ιδιαίτερα σύνθετη και στενή, γεγονός που έχει οδηγήσει στη χρήση του όρου *τεχνοεπιστήμη*.

Ένας ατελής ορισμός υποστηρίζει ότι «*η τεχνολογία είναι η σκόπιμη μετατροπή υλικών και γνώσεων σε χρήσιμα προϊόντα*».

- *Σκόπιμη δραστηριότητα* είναι η διαδικασία κατά την οποία ο τεχνίτης έχει διαμορφώσει εκ των προτέρων έναν συγκεκριμένο σκοπό και επιδιώκει την πραγματοποίησή του.
- *Χρήσιμο προϊόν* θεωρείται εκείνο που ικανοποιεί μια συγκεκριμένη ανάγκη.
- *Προϊόν τεχνολογίας* μπορεί να θεωρηθεί τόσο ένα προϊόν καθημερινής χρήσης, όπως το ψωμί όσο και ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα πολύ μικρού μεγέθους.
- *Γιατί είναι απαραίτητες και οι γνώσεις;* Οι γνώσεις είναι απαραίτητες, διότι ακόμη και όταν υπάρχουν τα κατάλληλα υλικά, η απουσία της απαιτούμενης γνώσης καθιστά δυσχερή ή αδύνατη την ικανοποίηση μιας συγκεκριμένης ανάγκης (Τάσιος, 1997).

Σύμφωνα με τον Θ. Τάσιο (1997), η γνώση που είναι απαραίτητη για την άσκηση της τεχνολογίας μπορεί να είναι ήδη δεδομένη αλλά μπορεί και να παραχθεί σκόπιμα στο πλαίσιο επίλυσης του προβλήματος «*πώς θα ικανοποιηθεί η ανάγκη*». Επομένως, η τεχνολογία και η επιστήμη έχουν διφυή σχέση. Δηλαδή, η τεχνολογία είτε εφαρμόζει ήδη διαθέσιμη επιστημονική γνώση είτε συμβάλλει στην παραγωγή νέας επιστημονικής γνώσης, μέσω της εφαρμογής της επιστημονικής μεθοδολογίας.

3.6. Η τεχνολογία στην αρχαιότητα

Τι ισχύει για την τεχνολογία στην αρχαιότητα; Στηριζόμενοι σε σύγχρονους φιλόσοφους, όπως ο Mario Bunge και ο Ortega y Gasset, μπορούμε να διακρίνουμε την *προβιομηχανική τεχνολογία* από τη *σύγχρονη τεχνολογία*. Η προβιομηχανική τεχνολογία, στην οποία εντάσσεται και η τεχνολογία της αρχαιότητας, ήταν η τεχνολογία του τεχνίτη και βασιζόταν στην εμπειρία και σε παραδοσιακούς κανόνες. Αντίθετα, η σύγχρονη τεχνολογία αποτελεί ένα σύνολο ορθολογικών κανόνων που συνδέονται στενά με την επιστημονική γνώση (Καρασμάνης, 1997).

Οι προϊστορικοί άνθρωποι κατόρθωσαν να επιβιώσουν και να προσαρμοστούν στο φυσικό περιβάλλον χάρη στην ανάπτυξη σημαντικών τεχνολογικών πρακτικών. Αρχικά, έμαθαν να κατασκευάζουν εργαλεία, να κυνηγούν, να ψαρεύουν, να συλλέγουν καρπούς, να ανάβουν φωτιά και να εξασφαλίζουν καταφύγιο. Σε ένα επόμενο στάδιο, ασχολήθηκαν με τη γεωργία, αποκτώντας σημαντικές γνώσεις σχετικά με τη συμπεριφορά των ζώων που χρησιμοποιούσαν και τα χαρακτηριστικά των φυτών που αξιοποιούσαν. Ακολούθως, ανέπτυξαν διάφορες τέχνες, όπως η υφαντική, η αγγειοπλαστική και η κατεργασία μετάλλων, οι οποίες διέυρυναν τις δυνατότητες αξιοποίησης του φυσικού περιβάλλοντος. Τέλος, απέκτησαν γνώση των εποχών και αντιλήφθηκαν τη σχέση τους με διάφορα ουράνια φαινόμενα (Lindberg, 1992/1997).

Με ανάλογο τρόπο, και οι λαοί που ανέπτυξαν πολιτισμούς πριν τους αρχαίους Έλληνες κατάφεραν να παρουσιάσουν πολλά αξιόλογα, έως και εντυπωσιακά, τεχνολογικά επιτεύγματα, χωρίς να έχουν αναπτύξει αντίστοιχες θεωρητικές επιστημονικές γνώσεις. Συνεπώς, η αποτελεσματική χρήση των εμπειρικών κανόνων είναι εφικτή ακόμα και χωρίς πλήρη γνώση των κατάλληλων θεωρητικών αρχών. Δηλαδή, η τεχνογνωσία μπορεί να αναπτυχθεί χωρίς την αντίστοιχη θεωρητική γνώση. Σε αυτό το σημείο γίνεται κατανοητό ότι πρέπει να διακρίνουμε την τεχνολογία από την θεωρητική επιστήμη (Lindberg, 1992/1997).

Φτάνοντας στην Αρχαία Ελλάδα, δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι η επιστήμη υπήρχε και διδασκόταν. Αντίθετα, οι τεχνίτες δεν σπούδαζαν σε κάποια σχολή και η μετάδοση των γνώσεων πραγματοποιούνταν στο πλαίσιο της εργασίας, κυρίως με προφορικό τρόπο. Οι μαθητευόμενοι όφειλαν να ακολουθούν πιστά τις τεχνικές και τις μεθόδους που διδάσκονταν, χωρίς να προβαίνουν απαραίτητα σε καινοτομίες (Χριστιανίδης κ.α., 2000).

Για να κατανοήσουμε καλύτερα την έννοια της τεχνολογίας στην αρχαία Ελλάδα, κρίνεται απαραίτητο να τη μελετήσουμε σε σχέση με την επιστήμη, τα πολιτισμικά στοιχεία της εποχής και την οικονομία. Ταυτόχρονα, πρέπει να λάβουμε υπόψη το ιδεώδες για τον άνθρωπο, καθώς και την αξία που αποδίδονταν στην επιστήμη, την εργασία και τις τεχνικές από τους αρχαίους Έλληνες. Υπό αυτές τις συνθήκες, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις περιόδους ανάπτυξης της τεχνολογίας στην Ελλάδα της αρχαιότητας (Καρασμάνης, 1997).

3.6.1. Προκλασική Περίοδος

Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από σημαντική τεχνολογική ανάπτυξη. Τεχνολογικές καινοτομίες, όπως η βελτίωση του αγγειοπλαστικού τροχού με την προσθήκη χειρολαβής, η τεχνική γυαλίσματος του πηλού, η τεχνική σύνθεσης του κόκκινου και του μαύρου χρώματος και η βελτίωση των καμίνων, οι οποίες μπορούσαν να επιτύχουν θερμοκρασίες έως και 1.000°C, αποτέλεσαν σημαντικά επιτεύγματα των Ελλήνων τεχνικών. Εκτός από την ανάπτυξη της αγγειοπλαστικής, σημειώθηκε σημαντική εξέλιξη στη μεταλλουργία και τη ναυπηγική. Οι εν λόγω τεχνολογικές εξελίξεις επέτρεψαν την παραγωγή προϊόντων, όπως υφάσματα, μεταλλικά αντικείμενα, αγγεία, κρασί και λάδι, τα οποία διακινούνταν μέσω του εμπορίου στη Μεσόγειο και στη Μαύρη Θάλασσα και συνέβαλαν στην οικονομική ανάπτυξη (Καρασμάνης, 1997).

Μελετώντας τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, είναι εντυπωσιακό το πλήθος των εφευρετών και τεχνιτών που διασώζονται στις πηγές. Ο Αμεινοκλής ο Κορίνθιος, ο Ροίκος και ο Τελεκλής οι Σάμιοι, ο Γλαύκος ο Χίος, ο Θεόδωρος ο Σάμιος, ο Χερσιφρών της Κνωσού είναι κάποιοι από αυτούς. Ωστόσο, ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι η περίπτωση του Ευπαλίνου από τα Μέγαρα, ο οποίος κατασκεύασε στη Σάμο μια ευθύγραμμη σήραγγα υδραγωγείου. Η σήραγγα είχε μήκος περίπου 1.036 μέτρα και μέση διατομή περίπου 1,8 x 1,8 μέτρα. Το πιο αξιόλογο στοιχείο είναι ότι οι δύο ομάδες που συμμετείχαν ξεκίνησαν τη διάνοιξη της σήραγγας από τα δύο άκρα του βουνού και συναντήθηκαν στο εσωτερικό του με πολύ μικρή απόκλιση. Το συγκεκριμένο έργο αναδεικνύει τόσο την τεχνική επιδεξιότητα του Ευπαλίνου όσο και την αξιοποίηση γεωμετρικών και τοπογραφικών γνώσεων κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίησή του (Δημητρακόπουλος, 2022).

Είναι άξιο λόγου ότι κατά την προκλασική περίοδο σημειώθηκε σημαντική ανάπτυξη τόσο της επιστήμης όσο και της τεχνολογίας. Παράλληλα, με την τεχνολογία του τεχνίτη, εμφανίζεται και η τεχνολογία ως εφαρμογή επιστημονικών γνώσεων, κυρίως της γεωμετρίας και της αστρονομίας, για πρακτικούς σκοπούς. Με βάση τις βιβλιογραφικές πηγές, αξιόλογοι

αρχιτέκτονες και μηχανικοί της εποχής είχαν σημαντικό κύρος και έχαιραν εκτίμησης από την κοινωνία. Ταξίδευαν από τη μία πόλη στην άλλη και προσέφεραν τις υπηρεσίες τους, οι οποίες ήταν ιδιαίτερα περιζήτητες (Τάσιος, 2026).

Επιπρόσθετα, κατά την προκλασική περίοδο δεν παρατηρείται στον ίδιο βαθμό η υποτίμηση της ανθρώπινης εργασίας και των τεχνών που συνδέονται με ορισμένες αντιλήψεις της κλασικής περιόδου. Οι κοινωνικοοικονομικές συνθήκες της εποχής διαμόρφωσαν ένα διαφορετικό πλαίσιο για την εργασία και την τεχνική δραστηριότητα. Το πρότυπο του ανθρώπου αυτής της εποχής εκπροσωπείται, σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, από μορφές όπως ο Οδυσσέας, ο Σόλωνας και ο Θαλής. Πρόκειται για το πρότυπο του «Σοφού Ανθρώπου» με την έννοια της πρακτικής ευφυΐας και της ικανότητας αντιμετώπισης πρακτικών προβλημάτων, και όχι αποκλειστικά της θεωρητικής γνώσης (Καρασμάνης, 1997·Τάσιος, 2026).

3.6.2. Κλασική Περίοδος

Σταδιακά, η αντίληψη της κοινωνίας για το ανθρώπινο πρότυπο, την εργασία και τις τέχνες μεταβάλλεται. Μετά την εποχή του Σόλωνα, η δουλεία εδραιώνεται περισσότερο στην αθηναϊκή κοινωνία, ενώ παράλληλα αυξάνεται ο αριθμός των πολιτών και διευρύνεται η συμμετοχή των ευρύτερων κοινωνικών στρωμάτων στην πολιτική ζωή. Η ανθρώπινη συνεργασία φαίνεται να θεωρείται αποτελεσματικότερη από τη χρήση μηχανών. Αυτό αποτυπώνεται και στην ανάπτυξη των πολεμικών τεχνικών, με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα τη *φάλαγγα* (Σακελαρίου, 2004·Καρασμάνης, 1997).

Κάτι αντίστοιχο παρατηρείται και στην πολιτική ζωή, κυρίως στις δημοκρατικές πόλεις. Η πολιτική εξελίσσεται σε πεδίο αντιπαράθεσης λόγων, με σημαντικές τεχνικές την τέχνη του λόγου και την τεχνική της πειθούς, ενώ η ρητορική αποτελεί βασικό στοιχείο της πολιτικής εκπαίδευσης. Επιπλέον, απαραίτητη προϋπόθεση για την συμμετοχή των πολιτών στην πολιτική ζωή της πόλης τους ήταν η *σχόλη*. Ο ελεύθερος χρόνος θεωρείται αξία και η παιδεία αναδεικνύεται σε νέο ιδεώδες. Ωστόσο, ησχόλη των πολιτών στηριζόταν σε σημαντικό βαθμό στην εργασία άλλων, μεταξύ των οποίων και οι δούλοι. Υπό αυτές τις συνθήκες, παρατηρείται η ταυτόχρονη ανάπτυξη της δημοκρατίας, της πολεμικής τακτικής και της δουλείας, καθώς και μια μετατόπιση του ενδιαφέροντος από τις τεχνικές της χειρονακτικής εργασίας προς τις τεχνικές της πολιτικής και του λόγου (Σακελαρίου, 2004).

Κατά την κλασική περίοδο, παρατηρείται εντονότερη διάκριση μεταξύ θεωρίας και πρακτικής. Η σχέση μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας φαίνεται να αποδυναμώνεται, γεγονός που, σύμφωνα με την προσέγγιση του Καρασμάνη, συνδέεται με περιορισμένη αξιοποίηση της επιστημονικής γνώσης στην τεχνολογική πρακτική. Έτσι, η τεχνολογία εξακολουθεί, σε μεγάλο βαθμό, να βασίζεται στην εμπειρία και στην τεχνογνωσία του τεχνίτη (Καρασμάνης, 1997).

3.6.3. Ελληνιστική περίοδος

Οι κατακτήσεις του μεγάλου Αλεξάνδρου επέτρεψαν στην ελληνική επιστήμη, στον ελληνικό πολιτισμό και στις τέχνες να διαδοθούν σε μεγάλο μέρος του τότε γνωστού κόσμου. Οι νέες πόλεις που ιδρύθηκαν εξελίχθηκαν σε σημαντικά ελληνιστικά κέντρα, ενώ ο ελλαδικός χώρος έχασε σταδιακά την κεντρική του θέση. Επαγγελματίες αρχιτέκτονες, μηχανικοί, καλλιτέχνες, αθλητές και άνθρωποι των γραμμάτων ταξίδευαν σε πολλές πόλεις, αποζητώντας μεγαλύτερη αναγνώριση και υψηλότερες οικονομικές απολαβές. Η

Αλεξάνδρεια μετασχηματίστηκε σε σημαντικό κέντρο της επιστήμης, των τεχνών και της φιλοσοφίας, κυρίως χάρη στη Βιβλιοθήκη και το Μουσείο (Καρασμάνης, 1997).

Ορισμένοι βασιλιάδες εκδήλωσαν έντονο ενδιαφέρον για τον πόλεμο και για την κατασκευή μεγάλων μνημειακών έργων. Ως αποτέλεσμα, σημειώθηκε σημαντική ανάπτυξη στις κατασκευές, στη μηχανική και στις πολεμικές τεχνικές. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου αναπτύχθηκαν πολλές νέες τεχνολογικές εφαρμογές σε στενή σχέση με την επιστημονική έρευνα. Οι εργασίες και οι εφευρέσεις του Κτησίβιου, του Φίλωνα και του Ήρωνα συνέβαλαν στην ιδιαίτερα υψηλή ανάπτυξη της ελληνιστικής μηχανικής και τεχνολογίας. Πρόκειται για μια μορφή τεχνολογίας που αξιοποιούσε επιστημονικές γνώσεις και εφαρμοζόταν, μεταξύ άλλων, σε πολεμικούς σκοπούς και στην κατασκευή σύνθετων μηχανισμών και αυτομάτων. Ωστόσο, πολλές από αυτές τις τεχνολογικές δυνατότητες δεν αξιοποιήθηκαν σε μεγάλη κλίμακα για την αύξηση της παραγωγής ή την εξοικονόμηση εργασίας (Καρασμάνης, 1997).

Εκτός από αυτή τη μορφή τεχνολογίας, εξακολουθούσε να υπάρχει και η τεχνολογία του παραδοσιακού τεχνίτη. Πρόκειται για μια τεχνολογία που βασιζόταν κυρίως στην εμπειρία και συνδεόταν άμεσα με την παραγωγική διαδικασία και τις οικονομικές δραστηριότητες, χωρίς να στηρίζεται απαραίτητα σε συστηματοποιημένη επιστημονική γνώση. Αυτή η μορφή τεχνολογίας δεν απολάμβανε πάντοτε την ίδια κοινωνική εκτίμηση με τη θεωρητική γνώση (Χριστιανίδης κ.α., 2000).

Η ερμηνεία αυτής της κατάστασης θα πρέπει να αναζητηθεί και σε κοινωνικούς παράγοντες. Η περιορισμένη σύνδεση της επιστημονικής γνώσης με την καθημερινή παραγωγική πρακτική συνέβαλε στη διατήρηση της διάκρισης μεταξύ θεωρητικής γνώσης και τεχνικής εργασίας. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, η κοινωνία διαμορφωνόταν από έντονες κοινωνικές διακρίσεις, μεταξύ των οποίων και η διάκριση ανάμεσα στους ελεύθερους και στους δούλους (Farrington, 1989).

Αν λάβουμε υπόψη την πρακτική χρησιμότητα τότε οι σημαντικότερες μηχανικές τεχνικές ήταν οι ακόλουθες:

1. Η τέχνη των μαγγανάρων, δηλαδή των μηχανικών, οι οποίοι σχεδίαζαν μηχανές για την ανύψωση και τη μετακίνηση φορτίων.
2. Η τέχνη των κατασκευαστών πολεμικών μηχανών.
3. Η τέχνη εκείνων που επινοούσαν μηχανές με πρακτικές εφαρμογές, όπως μηχανές άντλησης νερού.
4. Η τέχνη εκείνων που κατασκεύαζαν θαυμαστά ή αυτόματα μηχανήματα.
5. Η τέχνη των κατασκευαστών σφαιρών (Καρασμάνης, 1997).

Συμπερασματικά, ενώ στη σύγχρονη εποχή η τεχνολογία και η επιστήμη χαρακτηρίζονται από στενή και αμφίδρομη σχέση, στην αρχαιότητα η σχέση τους διαμορφωνόταν διαφορετικά και επηρεαζόταν από το κοινωνικό, οικονομικό και πολιτισμικό πλαίσιο. Επομένως, για να εξετάσουμε τη μεταξύ τους σχέση κατά την αρχαιότητα, κρίνεται απαραίτητο να λάβουμε υπόψη και άλλους παράγοντες, όπως οι κοινωνικές αξίες και οι οικονομικές συνθήκες που επικρατούσαν. Στο πλαίσιο αυτό, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις χρονικές περιόδους, κατά τις οποίες διαμορφώθηκαν διαφορετικές σχέσεις μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας και διαφορετικά χαρακτηριστικά της τεχνολογικής δραστηριότητας.

3.7. Το κοινωνικό και πολιτικό πλαίσιο

Οι κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές ζυμώσεις που συντελέστηκαν στον ελληνικό κόσμο της αρχαιότητας επηρέασαν σημαντικά την εξέλιξη τόσο της επιστήμης όσο και της τεχνολογίας.

3.7.1. Ο θεσμός της δημοκρατίας

Ο θεσμός της δημοκρατίας άνοιξε νέους ορίζοντες και συνέβαλε στην πνευματική και πολιτισμική ανάπτυξη. Η καλλιέργεια του δημόσιου λόγου αποτελούσε σημαντική προϋπόθεση για τη λειτουργία της δημοκρατίας, καθώς οι πολίτες που συμμετείχαν στην Εκκλησία του Δήμου έπρεπε να είναι σε θέση να διατυπώνουν και να υποστηρίζουν τις απόψεις τους. Στο πλαίσιο αυτό, αναπτύχθηκε η ρητορική, καλλιεργήθηκε η τέχνη του διαλόγου και ενισχύθηκε η συστηματική ανάπτυξη της λογικής σκέψης. Η διαδικασία αυτή συνδέθηκε αργότερα με τη συστηματοποίηση της λογικής ως φιλοσοφικού κλάδου, ιδιαίτερα στο έργο του Αριστοτέλη. Παράλληλα, ο ελεύθερος στοχασμός, η ανάπτυξη της λογικής, η δημόσια παρουσίαση και αντιπαράθεση διαφορετικών θεωριών και απόψεων, η άσκηση κριτικής και το ενδιαφέρον για τα κοινά δημιούργησαν ένα πνευματικό και πολιτικό περιβάλλον που ευνόησε την ανάπτυξη της φιλοσοφικής και επιστημονικής σκέψης (Δημητρακόπουλος, 2022).

3.7.2. Ο θεσμός της δουλείας

Ο θεσμός της δουλείας αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα στη διαμόρφωση της οικονομικής, κοινωνικής και τεχνολογικής ανάπτυξης του αρχαίου ελληνικού κόσμου. Η εκτεταμένη χρήση της δουλκοκτητικής εργασίας σε διάφορους τομείς της παραγωγικής διαδικασίας περιόριζε, σε ορισμένες περιπτώσεις, τα κίνητρα για την ανάπτυξη τεχνολογιών που θα εξοικονομούσαν ανθρώπινη εργασία. Παράλληλα, η κοινωνική διάκριση μεταξύ ελεύθερων πολιτών και δούλων συνέβαλε στη διαμόρφωση αντιλήψεων που συνέδεαν τη χειρωνακτική εργασία με τις κατώτερες κοινωνικές τάξεις, ενώ η θεωρητική και πνευματική δραστηριότητα συνδεόταν περισσότερο με τον ελεύθερο πολίτη. Επομένως, η άφθονη διαθέσιμη εργασία μπορούσε να μειώσει την ανάγκη για ορισμένες εργασιο-εξοικονομητικές τεχνολογικές εφαρμογές. Ωστόσο, η σχέση μεταξύ δουλείας και τεχνολογικής ανάπτυξης δεν ήταν μονοσήμαντη, καθώς η τεχνολογία και η τεχνική γνώση εξακολουθούσαν να αναπτύσσονται και να εφαρμόζονται σε διάφορους τομείς της αρχαίας οικονομίας και κοινωνίας (Δημητρακόπουλος, 2022).

4. Η επιστημονική και τεχνολογική κληρονομιά της αρχαιότητας

Η αρχαιότητα ανέδειξε σημαντικές μορφές επιστημονικής σκέψης και τεχνολογικής ανάπτυξης, οι οποίες αντανακλούν τη συστηματική προσπάθεια του ανθρώπου να κατανοήσει τη φύση και να ανταποκριθεί στις πρακτικές του ανάγκες. Το παρόν κεφάλαιο εστιάζει σε επιλεγμένες εκφάνσεις της επιστημονικής και τεχνολογικής δραστηριότητας στον αρχαίο κόσμο, όπως αυτές αποτυπώνονται στη στρατιωτική τεχνολογία, στα μαθηματικά, στην αστρονομία και στην ιατρική, υπό το πρίσμα σύγχρονων μεθοδολογικών προσεγγίσεων. Στόχος είναι η διερεύνηση των παραγόντων που συνέβαλαν στην ανάπτυξη και εξέλιξη αυτών των επιμέρους πεδίων, καθώς και η κατανόηση της σχέσης τους με τις αντιλήψεις, τις ανάγκες και το ευρύτερο κοινωνικό και πολιτικό πλαίσιο της εκάστοτε κοινωνίας.

4.1. Η στρατιωτική τεχνολογία

Στον αρχαίο κόσμο, η στρατιωτική τεχνολογία αποτέλεσε έναν από τους σημαντικότερους τομείς τεχνολογικής ανάπτυξης, γεγονός που συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με τη συχνότητα των πολεμικών συγκρούσεων. Οι συγκρούσεις αυτές είχαν ποικίλα αίτια και επηρεάζονταν από πολιτικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς και γεωγραφικούς παράγοντες. Η ανάγκη για αποτελεσματικότερη άμυνα, αλλά και για την ενίσχυση της επιθετικής ικανότητας, δημιούργησε τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη και τη βελτίωση ποικίλων τεχνολογικών εφαρμογών.

Αρχικά, σημαντικό ρόλο διαδραμάτιζαν οι σχέσεις μεταξύ των γειτονικών πληθυσμών και πόλεων. Η περιορισμένη ανάπτυξη των χερσαίων επικοινωνιών και η γεωγραφική διαμόρφωση του ελληνικού χώρου συνέβαλλαν στη σχετική απομόνωση πολλών κοινοτήτων. Παράλληλα, οι πολιτισμικές, γλωσσικές και πολιτικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των πληθυσμών μπορούσαν να ενισχύσουν τις αντιπαραθέσεις. Επίσης, σημαντικό παράγοντα αποτέλεσαν οι συγκρούσεις με ισχυρές εξωτερικές δυνάμεις, όπως η Περσική Αυτοκρατορία. Κατά τους επόμενους αιώνες, η επέκταση της Μακεδονικής και της Ρωμαϊκής ισχύος διαμόρφωσε νέες συνθήκες πολεμικής αντιπαράθεσης. Είναι άξιο λόγου ότι, από τις αρχές του 5^{ου} αιώνα π.Χ. έως τα τέλη του 4^{ου} αιώνα π.Χ., οι ελληνικές πόλεις-κράτη συμμετείχαν σε συχνές και μεγάλης κλίμακας πολεμικές συγκρούσεις (Τάσιος, 2025).

Επιπλέον, οι πολιτικές επιδιώξεις των ηγετών και των πόλεων-κρατών συνέβαλλαν στην εκδήλωση πολεμικών συγκρούσεων. Η επιδίωξη εδαφικής επέκτασης, η απόκτηση οικονομικών πόρων, ο έλεγχος εμπορικών δρόμων και στρατηγικών περιοχών, καθώς και οι ανταγωνισμοί μεταξύ των πόλεων-κρατών αποτελούσαν σημαντικούς παράγοντες που μπορούσαν να οδηγήσουν σε πολεμικές επιχειρήσεις. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η απόκτηση πλούτου, γης και εργατικού δυναμικού μέσω της πολεμικής επέκτασης αποτελούσε εξίσου σημαντικό κίνητρο (Hanson, 1989/2005).

Παράλληλα, η αύξηση του πληθυσμού και οι περιορισμένες παραγωγικές δυνατότητες ορισμένων αρχαίων πόλεων μπορούσαν να δημιουργήσουν οικονομικές πιέσεις. Η ανάγκη εξασφάλισης νέων καλλιεργήσιμων εκτάσεων, πρώτων υλών και εργατικού δυναμικού ενίσχυε τον ανταγωνισμό μεταξύ των κοινοτήτων. Υπό αυτές τις συνθήκες, η ανάπτυξη της παραγωγής, η διεύρυνση του εμπορίου και, σε ορισμένες περιπτώσεις, η εδαφική επέκταση αποτελούσαν διαφορετικές μορφές αντιμετώπισης των οικονομικών και κοινωνικών πιέσεων (Bresson, 2007/2010).

Το παραπάνω ιστορικό και κοινωνικοοικονομικό πλαίσιο συμβάλλει στην κατανόηση της ιδιαίτερης ανάπτυξης της στρατιωτικής τεχνολογίας στον αρχαίο κόσμο. Οι τεχνολογικές γνώσεις μπορούσαν να αξιοποιηθούν τόσο για την άμυνα όσο και για την επίθεση, οδηγώντας στην κατασκευή όπλων, αμυντικών έργων, πολιορκητικών μηχανών και πολεμικών πλοίων. Ενδεικτικά, οι βασικές κατηγορίες στρατιωτικών τεχνολογικών εφαρμογών περιλάμβαναν:

Άμυνα

1. Αμυντικά έργα ξηράς: Πρόκειται για τα τείχη, τους πύργους τειχών και τους αμυντικούς υπόνομους κ.α.
2. Αμυντικές μηχανές και τεχνικές: Περιλάμβαναν τους καταπέλτες, τις παγίδες, την παλινδρομούσα δοκό, τα αντιβλητικά κωλύματα και τις τεχνικές αντιμετώπισης πολιορκητικών μηχανών κ.α.

3. Αμυντικά έργα λιμένων: Πρόκειται για τα τείχη, τους πύργους εισόδου, τους αμυντικούς γερανούς κ.α.
4. Ατομικός αμυντικός εξοπλισμός: Περιλάμβανε τα κράνη, τους θώρακες, τις ασπίδες και τις περικνημίδες κ.α.

Επίθεση

1. Ατομικά όπλα: Περιλάμβαναν δόρατα, ξίφη, τόξα, εγχειρίδια, πέλεκεις κ.α.
2. Μεγάλα επιθετικά όπλα: Περιλάμβαναν τους καταπέλτες, το πολεμικό άρμα, το φλογοβόλο και πιθανώς το ατμοτηλεβόλο.
3. Πολιορκητικές μηχανές και τεχνικές: Πρόκειται για τον κριό, τη χελώνη, την ελέπολις, τους υπόνομους, τη ναυτική πολιορκία τειχών κ.α.
4. Επιθετικά στρατηγήματα: Πρόκειται για τους υπόνομους, τις επιχωματώσεις, τον περιτειχισμό και την εκτροπή ποταμών κ.α.
5. Ναυτικά επιθετικά όπλα: Πρόκειται για τις τριήρεις, τα πλωτά πολιορκητικά μηχανήματα, το υγρό πυρ κ.α. (Τάσιος, 2025).

Η στενή σχέση των αρχαίων ελληνικών κοινωνιών με τον πόλεμο είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη εξειδικευμένων δραστηριοτήτων που σχετίζονταν με την κατασκευή και τη συντήρηση του πολεμικού εξοπλισμού. Η οπλοποιία αναπτύχθηκε σε σημαντικά κέντρα του αρχαίου ελληνικού κόσμου, όπως η Αθήνα, η Κόρινθος, το Άργος, η Σπάρτη, η Θήβα και η Χαλκίδα. Η κατασκευή των όπλων αποσκοπούσε στην επίτευξη ανθεκτικότητας, αποτελεσματικότητας και λειτουργικότητας, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις δινόταν ιδιαίτερη σημασία και στην αισθητική τους εμφάνιση. Η χρήση πολύτιμων υλικών και διακοσμητικών στοιχείων μπορούσε να προσδώσει κύρος στον κάτοχο και να αναδείξει την κοινωνική του θέση. Ιδιαίτερη φήμη είχαν, μεταξύ άλλων, τα κορινθιακά κράνη, οι ασπίδες της Αργολίδας και τα χαλκιδικά ξίφη (Τάσιος, 1998· Hanson, 1989/2005).

Η μελέτη των σωζόμενων όπλων αναδεικνύει τον βαθμό τεχνικής εξειδίκευσης που είχε επιτευχθεί στην αρχαιότητα. Η κατασκευή τους δεν αποτελούσε απλώς έργο ενός κοινού χειροτέχνη σιδηρουργού, αλλά προϋπέθετε γνώσεις σχετικά με τις ιδιότητες των υλικών, τη μορφή, την αντοχή, την ισορροπία και τη λειτουργικότητα των κατασκευών. Για παράδειγμα, η κατασκευή των ατομικών όπλων (ξίφη, βέλη, λόγχες κ.α.) απαιτούσε και ιατρική μελέτη, προκειμένου να εξασφαλιστεί θανατηφόρο αποτέλεσμα. Παράλληλα, έγιναν βελτιώσεις, όπως η εμβάπτισή τους σε δηλητήριο και η κατασκευή λεπίδων που εξασφάλιζαν την είσοδο του αέρα στην πληγή. Ταυτόχρονα, οι γνώσεις χημείας χρησίμευαν στην επιλογή των κατάλληλων κραμάτων για την κατασκευή των όπλων και στη βαφή τους, ώστε να επιτυγχάνεται ο επιθυμητός συνδυασμός αντοχής και βάρους (Snodgrass, 1967/2003).

Παράλληλα, η κατασκευή αποτελεσματικών και εύχρηστων όπλων απαιτούσε την αξιοποίηση γνώσεων που σχετίζονταν με τη μηχανική, τη γεωμετρία και τις ιδιότητες των φυσικών υλικών. Η μορφή και οι διαστάσεις ενός όπλου έπρεπε να ανταποκρίνονται στη χρήση για την οποία προοριζόταν, ενώ η ισορροπία και η κατανομή του βάρους επηρέαζαν τη λειτουργικότητα και την ευχρηστία του. Αντίστοιχα, η επιλογή της κατάλληλης ξυλείας ήταν σημαντική για την κατασκευή δοράτων, ακοντίων, τόξων και ασπίδων. Οι απαιτήσεις διέφεραν ανάλογα με τη χρήση του κάθε αντικειμένου, καθώς μπορούσαν να περιλαμβάνουν ευθύτητα, ελαστικότητα, αντοχή και σχετικά μικρό βάρος. Επίσης, δέρμα, ύφασμα και άλλα

υλικά χρησιμοποιούνταν για την επένδυση ή την ενίσχυση επιμέρους τμημάτων του εξοπλισμού (Snodgrass, 1967/2003).

Εν κατακλείδι, η ανάπτυξη της στρατιωτικής τεχνολογίας αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ επιστημονικής γνώσης, τεχνικής εμπειρίας και κοινωνικών αναγκών. Η κατασκευή σύνθετων όπλων και στρατιωτικών μηχανών προϋπέθετε τη συνεργασία τεχνιτών με διαφορετικές δεξιότητες, όπως μεταλλουργών, ξυλουργών, βυρσοδεψών και άλλων εξειδικευμένων τεχνιτών. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, οι γνώσεις και οι τεχνικές της εποχής μετατρέπονταν σε πρακτικές εφαρμογές, συμβάλλοντας στη συνεχή εξέλιξη της πολεμικής τεχνολογίας του αρχαίου κόσμου (Τάσιος, 1998· Snodgrass, 1967/2003· Hanson, 1989/2005).

4.2. Τα μαθηματικά

Σχεδόν όλοι οι αρχαίοι πολιτισμοί ανέπτυξαν μαθηματικές γνώσεις και τεχνικές, οι οποίες συνδέονταν τόσο με πρακτικές ανάγκες όσο και με την προσπάθεια κατανόησης του φυσικού και κοινωνικού κόσμου. Σε αρκετές κοινωνίες του αρχαίου κόσμου, η συστηματική χρήση των μαθηματικών αποτελούσε αντικείμενο ειδικά εκπαιδευμένων ομάδων, όπως γραφέων, ιερέων και διοικητικών αξιωματούχων. Οι γνώσεις αυτές ήταν ιδιαίτερα χρήσιμες για τη λειτουργία της διοίκησης και της οικονομίας, καθώς εφαρμόζονταν στη φορολογία, στη σύνταξη ημερολογίων, στο εμπόριο, στις μετρήσεις γης και υλικών, στην κατασκευή κτηρίων και σε διάφορες τελετουργικές και θρησκευτικές πρακτικές. Παράλληλα, η μελέτη των μαθηματικών δεν περιοριζόταν αποκλειστικά σε πρακτικές εφαρμογές, καθώς η αναζήτηση γνώσης και η πνευματική περιέργεια συνέβαλαν στην ανάπτυξη μαθηματικών ιδεών και τεχνικών (Katz, 1998/2013).

Οι αρχαίοι Έλληνες γνώριζαν τη σημαντική συμβολή παλαιότερων πολιτισμών, ιδιαίτερα της Αιγύπτου και της Μεσοποταμίας, στην ανάπτυξη των μαθηματικών. Η ελληνική μαθηματική παράδοση διαμορφώθηκε σε ένα ευρύτερο πλαίσιο πολιτισμικών επαφών και ανταλλαγής γνώσεων με τους λαούς της Ανατολικής Μεσογείου. Στην αρχαία παράδοση, ο Πυθαγόρας συνδέθηκε με ταξίδια στην Αίγυπτο και τη Βαβυλώνα, όπου, σύμφωνα με μεταγενέστερες βιογραφικές παραδόσεις, ήρθε σε επαφή με τις γνώσεις και τις πνευματικές παραδόσεις αυτών των περιοχών. Ωστόσο, οι πληροφορίες σχετικά με τα ταξίδια του και την έκταση της μαθηματικής εκπαίδευσης που έλαβε εκεί δεν είναι δυνατόν να θεωρηθούν ιστορικά βέβαιες. Επομένως, είναι προτιμότερο να αντιμετωπίζονται ως μέρος της αρχαίας παράδοσης για τον Πυθαγόρα και όχι ως απολύτως τεκμηριωμένα ιστορικά γεγονότα (Lindberg, 1992/1997).

Η συμβολή της Αιγύπτου και της Μεσοποταμίας στην ιστορία των μαθηματικών υπήρξε ιδιαίτερα σημαντική. Οι μαθηματικές γνώσεις αυτών των πολιτισμών είχαν αναπτυχθεί σε στενή σχέση με πρακτικές ανάγκες, όπως η διοίκηση, η μέτρηση της γης, η οικονομική διαχείριση, το εμπόριο, η αστρονομική παρατήρηση και η κατασκευή. Η ελληνική μαθηματική παράδοση αξιοποίησε μέρος αυτής της παλαιότερης γνώσης και παράλληλα ανέπτυξε νέες μορφές μαθηματικής σκέψης, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στη λογική τεκμηρίωση, στην απόδειξη και στη συστηματική οργάνωση της μαθηματικής γνώσης (Lindberg, 1992/1997).

Μαθηματικές γνώσεις ανέπτυξαν οι λαοί της αρχαίας Ανατολής, της Αιγύπτου και της Μεσοποταμίας. Μεταξύ των σημαντικότερων επιτευγμάτων τους συγκαταλέγονται τα

συστήματα αρίθμησης, οι μέθοδοι υπολογισμού ποσοτήτων, όγκων και εμβαδών, η εκτέλεση αριθμητικών πράξεων, καθώς και η χρήση ακέραιων αριθμών και κλασμάτων. Παράλληλα, οι Βαβυλώνιοι ανέπτυξαν ιδιαίτερα προηγμένες μαθηματικές μεθόδους για την επίλυση προβλημάτων που σήμερα θα εντάσσαμε στην άλγεβρα. Οι μαθηματικές γνώσεις των αρχαίων κοινωνιών συνδέονταν σε μεγάλο βαθμό με πρακτικές ανάγκες της καθημερινής ζωής και της διοίκησης. Η μέτρηση και ο καθορισμός των καλλιεργούμενων εκτάσεων, η διαχείριση των γεωργικών προϊόντων, η κατασκευή ναών και μνημείων, το εμπόριο και η φορολογία αποτελούσαν χαρακτηριστικά πεδία εφαρμογής των μαθηματικών. Επομένως, μεγάλο μέρος των προβλημάτων που αντιμετώπιζαν αφορούσε πρακτικούς υπολογισμούς, οι οποίοι απαιτούσαν χρήση αριθμητικών και γεωμετρικών μεθόδων (Van der Waerden, 1954/2000).

Στη Μεσοποταμία, και ειδικότερα στη Βαβυλώνα, οι μαθηματικές πράξεις πραγματοποιούνταν κυρίως με τη χρήση του εξηκονταδικού συστήματος αρίθμησης και όχι του δεκαδικού. Η επιλογή της βάσης του 60 είχε σημαντικά πρακτικά πλεονεκτήματα, καθώς ο αριθμός 60 διαθέτει πολλούς διαιρέτες και, επομένως, επιτρέπει την εύκολη αναπαράσταση και διαχείριση πολλών κλασματικών ποσοτήτων. Επίσης, το βαβυλωνιακό σύστημα διέθετε σημαντικά χαρακτηριστικά θέσης, καθώς η αξία ενός ψηφίου εξαρτιόταν από τη θέση του μέσα στον αριθμό. Η ανάπτυξη των συγκεκριμένων μαθηματικών τεχνικών συνδέθηκε με τις ανάγκες του εμπορίου, της φορολογίας, της διοίκησης και της καταγραφής οικονομικών και γεωργικών δεδομένων (Λοΐζος, 2014).

Παράλληλα, ιδιαίτερη ανάπτυξη παρουσίασαν και οι μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων που σχετίζονταν με την άλγεβρα και τη γεωμετρία. Οι Βαβυλώνιοι μπορούσαν να επιλύσουν προβλήματα που αφορούσαν άγνωστες ποσότητες, εμβαδά και διαστάσεις γεωμετρικών σχημάτων, ενώ διέθεταν μεθόδους για τον υπολογισμό εμβαδών και όγκων διαφόρων σχημάτων και στερεών. Επιπλέον, ήταν σε θέση να υπολογίζουν τετραγωνικές ρίζες με αξιοσημείωτη ακρίβεια. Η ανάπτυξη αυτών των τεχνικών συνδεόταν κυρίως με πρακτικές ανάγκες, όπως η μέτρηση της γης, ο υπολογισμός της γεωργικής παραγωγής, η διαχείριση αγαθών και οι εμπορικές συναλλαγές (Λοΐζος, 2014).

Στην Αίγυπτο, η ανάπτυξη των μαθηματικών συνδέθηκε στενά με τη γεωργία, την οικονομία, τη διοίκηση και την κατασκευή μεγάλων αρχιτεκτονικών έργων. Η γεωργική παραγωγή στην κοιλάδα του Νείλου και η ανάγκη διαχείρισης των καλλιεργούμενων περιοχών δημιούργησαν πρακτικές ανάγκες για τη μέτρηση και τον υπολογισμό εκτάσεων. Παράλληλα, η κατασκευή μνημείων, όπως οι πυραμίδες και οι μεγάλοι ναοί, απαιτούσε τη χρήση γεωμετρικών και αριθμητικών μεθόδων. Τα διαθέσιμα αρχαιολογικά και γραπτά τεκμήρια δείχνουν ότι οι Αιγύπτιοι διέθεταν γνώσεις σχετικά με τις αναλογίες και τις γεωμετρικές διαστάσεις, οι οποίες αξιοποιούνταν στον σχεδιασμό και την κατασκευή (Van der Waerden, 1954/2000).

Σημαντικό ρόλο στη χρήση και τη διατήρηση των μαθηματικών γνώσεων είχαν οι γραφείς. Οι γνώσεις τους εφαρμόζονταν σε διοικητικές και οικονομικές δραστηριότητες, όπως η καταγραφή και η διαχείριση των αγαθών, η φορολογία, η καταβολή μισθών και η διανομή προϊόντων. Παράλληλα, μαθηματικές τεχνικές χρησιμοποιούνταν για τον υπολογισμό ποσοτήτων και τη διαχείριση των γεωργικών και αποθηκευμένων προϊόντων. Οι αιγυπτιακές μαθηματικές μέθοδοι περιλάμβαναν διαδικασίες για την εκτέλεση βασικών μαθηματικών

πράξεων, καθώς και τεχνικές για την επίλυση προβλημάτων που αφορούσαν κλάσματα, αναλογίες και γεωμετρικά μεγέθη (Katz, 1998/2013).

Τα γεωμετρικά προβλήματα που αντιμετώπιζαν οι Αιγύπτιοι σχετίζονταν σε μεγάλο βαθμό με πρακτικές ανάγκες, όπως ο υπολογισμός του εμβαδού καλλιεργήσιμων εκτάσεων και ο υπολογισμός του όγκου χώρων ή δοχείων που χρησιμοποιούνταν για την αποθήκευση σιτηρών. Τα σωζόμενα μαθηματικά κείμενα δείχνουν ότι μπορούσαν να υπολογίζουν εμβαδά βασικών γεωμετρικών σχημάτων, όπως ορθογωνίων, τριγώνων και τραπεζίων, καθώς και όγκους ορισμένων γεωμετρικών στερεών (Katz, 1998/2013).

Επομένως, η εξέλιξη των μαθηματικών στην Αίγυπτο και τη Μεσοποταμία δείχνει ότι οι πρώιμες μαθηματικές γνώσεις αναπτύχθηκαν σε στενή σχέση με τις ανάγκες της γεωργίας, της διοίκησης, του εμπορίου, της αρχιτεκτονικής και της οικονομικής διαχείρισης. Παράλληλα, η συστηματική καταγραφή και επεξεργασία μαθηματικών προβλημάτων δημιούργησε ένα σημαντικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο αναπτύχθηκαν μεταγενέστερες μαθηματικές παραδόσεις (Katz, 1998/2013).

Εν κατακλείδι, η ανάπτυξη των μαθηματικών στην Αίγυπτο και τη Μεσοποταμία είχε σε μεγάλο βαθμό πρακτικό χαρακτήρα. Ιδιαίτερα οι Βαβυλώνιοι ανέπτυξαν σύνθετες μεθόδους επίλυσης αριθμητικών και γεωμετρικών προβλημάτων καθώς και τεχνικές που μπορούν να χαρακτηριστούν ως πρώιμες μορφές αλγεβρικής σκέψης. Σε ορισμένους τομείς, όπως η επίλυση προβλημάτων που αφορούσαν άγνωστες ποσότητες και τετραγωνικές εξισώσεις, οι βαβυλωνιακές μέθοδοι παρουσιάζουν σημαντικό βαθμό πολυπλοκότητας. Ωστόσο, τα μαθηματικά αυτών των πολιτισμών δεν είχαν οργανωθεί σε ένα συστηματικό αποδεικτικό και αξιωματικό πλαίσιο αντίστοιχο με εκείνο που αναπτύχθηκε αργότερα στην ελληνική μαθηματική παράδοση (Lindberg, 1992/1997).

Στην αρχαία Ελλάδα παρατηρείται σταδιακά μια διαφορετική προσέγγιση της μαθηματικής γνώσης. Οι Έλληνες φιλόσοφοι δεν περιορίστηκαν στην επίλυση συγκεκριμένων πρακτικών προβλημάτων, αλλά επιδίωξαν να διατυπώσουν γενικές μαθηματικές προτάσεις και να τεκμηριώσουν την ισχύ τους μέσω συλλογισμών και αποδείξεων. Έτσι, η αποδεικτική μέθοδος απέκτησε κεντρική θέση στη μαθηματική σκέψη και συνέβαλε στη συστηματική οργάνωση της γεωμετρικής και αριθμητικής γνώσης. Με αυτή την εξέλιξη, τα μαθηματικά άρχισαν να αποκτούν περισσότερο θεωρητικό και αφαιρετικό χαρακτήρα, πέρα από τις άμεσες πρακτικές εφαρμογές τους (Δημητρακόπουλος, 2022).

Κατά την αρχαϊκή και την κλασική περίοδο του ελληνικού κόσμου διαμορφώθηκε μια νέα προσέγγιση στη μαθηματική γνώση, η οποία έδωσε ιδιαίτερη έμφαση στη θεωρητική διερεύνηση και στην αποδεικτική τεκμηρίωση. Η *μαθηματική απόδειξη* απέκτησε σταδιακά κεντρικό ρόλο, καθώς οι μαθηματικοί δεν περιορίζονταν πλέον στην επίλυση συγκεκριμένων πρακτικών προβλημάτων, αλλά επιδίωκαν να διατυπώσουν γενικές προτάσεις και να τεκμηριώσουν την ισχύ τους μέσω λογικών συλλογισμών. Αυτή η εξέλιξη συνέβαλε σημαντικά στη διαμόρφωση των μαθηματικών ως συστηματικής και θεωρητικής επιστήμης (Δημητρακόπουλος, 2022).

Σε αυτή την περίοδο αναπτύχθηκαν σημαντικές μαθηματικές και φιλοσοφικές παραδόσεις μεταξύ των οποίων η ιωνική και η πυθαγόρεια παράδοση. Παράλληλα, σημαντική θέση στην εξέλιξη της ελληνικής γεωμετρίας κατέχει ο Ιπποκράτης ο Χίος, ο οποίος ασχολήθηκε με σύνθετα γεωμετρικά προβλήματα. Οι μαθηματικοί της εποχής ασχολήθηκαν με την επίλυση προβλημάτων αριθμητικής και γεωμετρίας, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται τα τρία

περίφημα προβλήματα της αρχαίας ελληνικής γεωμετρίας: ο τετραγωνισμός του κύκλου, ο διπλασιασμός του κύβου και η τριχοτόμηση της γωνίας (Χριστιανίδης, 2020).

Στην πρώιμη ελληνική μαθηματική παράδοση ξεχωρίζει ο Θαλής ο Μιλήσιος, ο οποίος συγκαταλέγεται στους Επτά Σοφούς της αρχαιότητας. Σύμφωνα με μεταγενέστερες μαρτυρίες, του αποδίδονται ορισμένες γεωμετρικές γνώσεις και θεωρήματα, όπως η ισότητα των κατακορυφών γωνιών και η ισότητα των γωνιών στη βάση ισοσκελούς τριγώνου. Οι σχετικές αναφορές αναδεικνύουν τη συμβολή που αποδόθηκε στον Θαλή στην ανάπτυξη της γεωμετρικής σκέψης, αν και δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί με βεβαιότητα η έκταση της προσωπικής του συνεισφοράς (Lindberg, 1992/2007).

Επίσης, σημαντική θέση στην ιστορία των αρχαίων μαθηματικών κατέχει και η πυθαγόρεια παράδοση. Ο Πυθαγόρας και οι ακόλουθοί του συνέδεσαν τους αριθμούς με την ερμηνεία της δομής του κόσμου, αποδίδοντας ιδιαίτερη σημασία στις αριθμητικές σχέσεις και στις αναλογίες. Οι Πυθαγόρειοι ασχολήθηκαν με τη μελέτη των ιδιοτήτων των αριθμών και με τη διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ αριθμητικών, γεωμετρικών και μουσικών αναλογιών. Ωστόσο, εξαιτίας της περιορισμένης τεκμηρίωσης για τον ίδιο τον Πυθαγόρα, χρειάζεται προσοχή κατά την απόδοση συγκεκριμένων μαθηματικών ανακαλύψεων στο πρόσωπό του, καθώς αρκετές από αυτές συνδέονται γενικότερα με την πυθαγόρεια παράδοση (Lindberg, 1992/2007· Χριστιανίδης κ.ά., 2000).

Μια ακόμη σημαντική μορφή στην εξέλιξη της αρχαίας ελληνικής γεωμετρίας ήταν ο Ιπποκράτης ο Χίος, ο οποίος δεν πρέπει να συγχέεται με τον Ιπποκράτη τον ιατρό. Στον Ιπποκράτη τον Χίο αποδίδεται η μελέτη και η επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων τετραγωνισμού μηνίσκων, δηλαδή καμπυλόγραμμων σχημάτων που ορίζονται από τόξα κύκλων. Το έργο του θεωρείται σημαντικό για την ανάπτυξη της γεωμετρικής έρευνας, καθώς συνδέεται με τη συστηματική διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ ευθύγραμμων και καμπύλων σχημάτων. Ο Ιπποκράτης ασχολήθηκε επίσης με το πρόβλημα του τετραγωνισμού του κύκλου, χωρίς, ωστόσο, να επιτύχει την επίλυσή του. Η ενασχόλησή του με τους μηνίσκους ανέδειξε επιμέρους δυνατότητες τετραγωνισμού καμπυλόγραμμων σχημάτων, χωρίς να οδηγεί σε γενική λύση του προβλήματος του τετραγωνισμού του κύκλου (Lindberg, 1992/2007· Χριστιανίδης κ.ά., 2000).

Κατά την ελληνιστική εποχή, η αρχαία ελληνική μαθηματική παράδοση γνώρισε σημαντική ανάπτυξη, με εξέχουσες μορφές τον Ευκλείδη, τον Αρχιμήδη και τον Απολλώνιο. Οι τρεις μαθηματικοί συνέβαλαν με διαφορετικούς τρόπους στην εξέλιξη της γεωμετρίας και της μαθηματικής σκέψης, αν και η δραστηριότητά τους δεν περιορίστηκε αποκλειστικά στην Αλεξάνδρεια. Ο Ευκλείδης είναι γνωστός κυρίως για το έργο του *Στοιχεία*, το οποίο αποτελείται από δεκατρία βιβλία. Σε αυτό συστηματοποίησε και παρουσίασε με αξιωματική και αποδεικτική μέθοδο σημαντικό μέρος της προγενέστερης ελληνικής γεωμετρικής και αριθμητικής γνώσης (Katz, 1998/2013).

Ο Αρχιμήδης συγκαταλέγεται στις σημαντικότερες μορφές των αρχαίων ελληνικών μαθηματικών. Το έργο του χαρακτηρίζεται από την αξιοποίηση της μεθόδου εξάντλησης, η οποία είχε αναπτυχθεί από τον Εύδοξο, καθώς και από τη χρήση ευρετικών και μηχανιστικών συλλογισμών για τη διερεύνηση μαθηματικών προβλημάτων. Παράλληλα, συνέβαλε καθοριστικά στη μαθηματική μελέτη φυσικών φαινομένων, ιδιαίτερα στον τομέα της υδροστατικής, διατυπώνοντας αρχές που αφορούν την άνωση και τη συμπεριφορά των

σωμάτων μέσα στα υγρά. Το έργο του αναδεικνύει τη στενή σχέση μεταξύ μαθηματικής ανάλυσης και διερεύνησης φυσικών φαινομένων (Katz, 1998/2013).

Σημαντική ήταν και η συμβολή του Απολλωνίου του Περγαίου, ιδιαίτερα στη γεωμετρία και στη μαθηματική αστρονομία. Στο έργο του *Κωνικά* μελέτησε συστηματικά τις κωνικές τομές, συμβάλλοντας καθοριστικά στην ανάπτυξη της γεωμετρίας. Παράλληλα, συνδέεται με τη μαθηματική διερεύνηση των γεωμετρικών μοντέλων που χρησιμοποιούν έκκεντρους κύκλους και επικύκλους για την περιγραφή των ουράνιων κινήσεων. Ειδικότερα, η συμβολή του περιλάμβανε την ανάδειξη της μαθηματικής ισοδυναμίας μεταξύ αυτών των δύο τρόπων περιγραφής της κίνησης. Τα μοντέλα αυτά εξελίχθηκαν περαιτέρω από μεταγενέστερους αστρονόμους και αποτέλεσαν σημαντικά εργαλεία της αρχαίας ελληνικής μαθηματικής αστρονομίας (Χριστιανίδης κ.ά., 2000).

Κατά την ελληνιστική εποχή, η αρχαία ελληνική μαθηματική παράδοση γνώρισε σημαντική ανάπτυξη, με εξέχουσες μορφές τον Ευκλείδη, τον Αρχιμήδη και τον Απολλώνιο. Οι τρεις μαθηματικοί συνέβαλαν με διαφορετικούς τρόπους στην εξέλιξη της γεωμετρίας και της μαθηματικής σκέψης, αν και η δραστηριότητά τους δεν περιορίστηκε αποκλειστικά στην Αλεξάνδρεια. Ο Ευκλείδης είναι γνωστός κυρίως για το έργο του *Στοιχεία*, το οποίο αποτελείται από δεκατρία βιβλία. Σε αυτό συστηματοποίησε και παρουσίασε με αξιωματική και αποδεικτική μέθοδο σημαντικό μέρος της προγενέστερης ελληνικής γεωμετρικής και αριθμητικής γνώσης (Χριστιανίδης, 2020).

Κατά τη ρωμαϊκή και την ύστερη ελληνιστική περίοδο, τα ελληνικά μαθηματικά εξακολούθησαν να αναπτύσσονται σε διαφορετικούς κλάδους, με ιδιαίτερη έμφαση στην αριθμητική, στη γεωμετρία, στη μαθηματική αστρονομία και στις εφαρμογές των μαθηματικών. Σημαντικές μορφές της περιόδου υπήρξαν ο Ήρων, ο Πτολεμαίος, ο Μενέλαος και, μεταγενέστερα, ο Διόφαντος, των οποίων τα έργα συνέβαλαν στη διατήρηση και περαιτέρω ανάπτυξη της ελληνικής μαθηματικής παράδοσης. Ιδιαίτερη θέση κατέχει ο Διόφαντος, ο οποίος, στο έργο του *Αριθμητικά*, χρησιμοποίησε συμβολισμούς για τον άγνωστο και για τις δυνάμεις του, καθώς και συντομεύσεις για ορισμένες μαθηματικές πράξεις και σχέσεις. Η προσέγγισή του αποτελεί σημαντικό στάδιο στην εξέλιξη της αλγεβρικής σκέψης και της μαθηματικής σημειογραφίας, χωρίς όμως να ταυτίζεται με τη σύγχρονη συμβολική άλγεβρα (Δημητρακόπουλος, 2022).

Παράλληλα, η περίοδος χαρακτηρίζεται από σημαντικές εφαρμογές των μαθηματικών σε προβλήματα αστρονομίας, γεωμετρίας, μηχανικής και μετρήσεων, όπως μαρτυρούν, μεταξύ άλλων, τα έργα του Ήωνα, του Μενελάου και του Πτολεμαίου. Επομένως, τα θεωρητικά και τα εφαρμοσμένα μαθηματικά δεν θα πρέπει να θεωρηθούν ως αυστηρά διαχωρισμένες ή ανταγωνιστικές κατευθύνσεις, αλλά ως αλληλένδετες όψεις της μαθηματικής δραστηριότητας της περιόδου (Δημητρακόπουλος, 2022).

4.3. Η αστρονομία

Στην αρχαιότητα, η παρατήρηση του ουρανού και των μεταβολών του είχε ιδιαίτερη σημασία για τις ανθρώπινες κοινωνίες, καθώς τα ουράνια φαινόμενα συνδέονταν με τη μέτρηση του χρόνου, την οργάνωση του ημερολογίου, τη γεωργία, τον προσανατολισμό, αλλά και με θρησκευτικές και αστρολογικές αντιλήψεις. Για παράδειγμα:

- Οι φάσεις του φεγγαριού ήταν καθοριστικής σημασίας, διότι καθόριζαν τους χρόνους αποπληρωμής των δανείων και χρονολογούνταν σημαντικές γιορτές.

- Πολλά ημερολόγια, και το Αθηναϊκό, είχαν δημιουργηθεί με βάση το φεγγάρι.
- Η αλλαγή των εποχών και ο προσδιορισμός της θέσης ενός παρατηρητή ήταν εφικτές με βάση τα αστέρια που χάνονται και εμφανίζονται ξανά πάνω από τον ορίζοντα του νυχτερινού ουρανού. Αστρονόμοι-αστρολόγοι και μάντεις παρακολουθούσαν τις πλανητικές κινήσεις μπροστά από τους αστερισμούς, θέλοντας να προβλέψουν τα «μελλούμενα».
- Οι εκλείψεις του ήλιου και της σελήνης ήταν εντυπωσιακές και είχαν σημαντική επίδραση σε πολλούς πολιτισμούς της αρχαιότητας επειδή ήταν δύσκολο να ερμηνευτούν.
- Η τέλεση τελετουργιών, κατά τη διάρκεια μιας έκλειψης ήταν σύνηθες γεγονός. Για παράδειγμα, θέλοντας να τρομάξουν τον «δράκο» που καταβρόχθισε την πανσέληνο έκαναν θόρυβο, χτυπώντας μαγειακά σκεύη.
- Η ακριβής πρόβλεψη των ουράνιων φαινομένων ήταν θέμα ζωής και θανάτου για τους αστρονόμους-αστρολόγους εκείνης της εποχής (Lindberg, 1992/1997).

Η αστρονομία άρχισε να αναπτύσσεται σε πολιτισμούς της Ανατολής. Πιθανότατα, οι Σουμερίοι και οι Βαβυλώνιοι ήταν οι πρώτοι συστηματικοί παρατηρητές του ουρανού, οι οποίοι μπόρεσαν να κατανοήσουν πολλά ουράνια φαινόμενα και να αναπτύξουν την υπολογιστική αστρονομία. Αντίθετα, οι Έλληνες στοχαστές επικεντρώθηκαν στην περιγραφή, στην κατανόηση και στην ερμηνεία των ουράνιων και των φυσικών φαινομένων. Ταυτόχρονα, η αμφισβήτηση των παλιών θρησκευτικών και κοσμογονικών δοξασιών οδήγησε σε έναν νέο τρόπο σκέψης (Δημητρακόπουλος, 2022).

Οι κάτοικοι της Μεσοποταμίας ασχολήθηκαν συστηματικά με τους πλανήτες. Οι αστρονομικές τους παρατηρήσεις αφορούσαν τον Ήλιο, τη Σελήνη αλλά και τους 5 ορατούς πλανήτες που αντιμετώπιζαν σαν θεούς (Λοΐζος, 2014). Η συστηματική παρατήρηση του έναστρου ουρανού ήταν αρμοδιότητα ιερέων και πραγματοποιούνταν σε ναούς. Οι πρώτες προσπάθειες αποσκοπούσαν στη χαρτογράφηση του ουρανού, δηλαδή, στην αναγνώριση και στην ονομασία των σημαντικότερων άστρων, στην παρατήρηση των μεταξύ τους σχέσεων και στη σύνδεση της ορατότητάς τους με τις εποχές.

Επιτεύγματα των ιερέων ήταν η χαρτογράφηση των απλανών αστερών, η αναγνώριση των επτά «απλωμένων αστερών» ή πλανητών (Ερμής, Άρης, Δίας, Κρόνος, Αφροδίτη, Ήλιος και Σελήνη). Στην αρχαιότητα, ο Ήλιος και η Σελήνη αντιμετωπιζόνταν ως πλανήτες. Μέσα από την παρατήρηση έγινε αντιληπτό ότι η κίνηση των επτά πλανητών είναι αργή, εντός της στενής λωρίδας του ζωδιακού κύκλου. Μέχρι το 500 π.Χ. αυτή η στενή λωρίδα του ζωδιακού κύκλου καθορίστηκε και αναγνωρίστηκαν οι αστερισμοί που την χωρίζουν σε δώδεκα τμήματα, των 30° το καθένα. Ο ζωδιακός κύκλος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ένα σύστημα μέτρησης για την λεπτομερή χαρτογράφηση των κινήσεων της Σελήνης, του Ήλου αλλά και ως πηγή για αστρολογικές προβλέψεις (Lindberg, 1992/1997· Winkler, 2022).

Οι Βαβυλώνιοι ανέπτυξαν την αστρονομία καθώς ήταν ένας τομέας όπου μπορούσαν να εφαρμόσουν τις μαθηματικές τους τεχνικές. Μάλιστα υπάρχουν γραπτά μνημεία που έχουν ηλικία πάνω από 4.000 χρόνια. Το ενδιαφέρον τους για τα άστρα πήγαζε από διάφορους παράγοντες, ένας εκ των οποίων ήταν η γεωργία. Οι γεωργικές εποχές, δηλαδή η περίοδος της σποράς, η περίοδος του θερισμού κ.α. αντιστοιχούσαν στην κίνηση του Ήλιου αλλά και στη θέση κάποιων άστρων και αστερισμών ως προς τον Ήλιο. Ταυτόχρονα, υπήρχαν θρησκευτικοί λόγοι που ώθησαν την μελέτη των άστρων, καθώς ο Ήλιος και η Σελήνη είχαν

σχέση με τη θεότητα. Τέλος, υπήρχε αστρολογικός και ημερολογιακός λόγος (Lindberg, 1992/1997·Winkler, 2022).

Γνωρίζουμε ότι, ιστορικά, οι σχέσεις της αστρονομικής και της αστρολογικής παράδοσης ήταν στενές. Στην Βαβυλωνία της αρχαιότητας, οι αστρολογικές ανάγκες ήταν ικανές να προωθήσουν την ανάπτυξη της μαθηματικής αστρονομίας. Ένα ολόκληρο σύστημα συμβουλευτικής αστρολογίας ξεπρόβαλε από την αστρική θρησκεία και από την προφανή σύνδεση μεταξύ ορισμένων ουράνιων συμβάντων και αλλαγών στις εποχές και στις καιρικές συνθήκες. Το συγκεκριμένο συμβουλευτικό σύστημα αποσκοπούσε στη διατύπωση βραχυπρόθεσμων προβλέψεων που αφορούσαν τις βασιλικές υποθέσεις. Παράλληλα, η διαμόρφωση της ωροσκοπικής αστρολογίας, πιθανότατα, έλαβε χώρα στην ύστερη Βαβυλωνιακή περίοδο και αποσκοπούσε στην πρόβλεψη της πορείας της ζωής ενός ατόμου, με βάση την αστρική θέση κατά την ώρα γέννησής του (Lindberg, 1992/1997·Winkler, 2022).

Την περίοδο 500-300 π.Χ., οι αστρονόμοι-ιερείς της Βαβυλωνίας είχαν αναπτύξει την τέχνη τους σε τέτοιο επίπεδο που μπορούσαν να διαχειρίζονται πολυάριθμα αστρονομικά δεδομένα και να πραγματοποιούν ποικίλες αστρονομικές προβλέψεις, χρησιμοποιώντας αριθμητικά μοντέλα σε μορφή αριθμητικών προόδων. Έτσι, ήταν εφικτό να προβλέψουν την εμφάνιση της νέας Σελήνης που σηματοδοτούσε την αρχή του νέου μήνα. Παράλληλα, ήταν εφικτή και η πρόβλεψη των σεληνιακών και ηλιακών εκλείψεων. Όλες αυτές οι προβλέψεις βασιζόνταν στη χρήση αριθμητικών μεθόδων και όχι στη χρήση γεωμετρικών μοντέλων (Lindberg, 1992/1997).

Το ενδιαφέρον των Αιγυπτίων για την αστρονομία ήταν έντονο. Είχαν παρατηρήσει ότι κάθε χρόνο, λίγο αφότου ο Σείριος (θεά Ίσιδα) έκανε την εμφάνισή του στην ανατολή πριν από τον ήλιο, ο Νείλος πλημμύριζε. Οι Αιγύπτιοι στηρίχθηκαν στην περιοδική εμφάνιση των ηλιακών ανατολών του Σείριου κάθε 365 ημέρες και καθιέρωσαν ένα αξιόλογο ηλιακό ημερολόγιο. Το έτος ήταν χωρισμένο σε 365 ημέρες, είχε 12 μήνες των 30 ημερών, συν 5 ημέρες. Όμως, αυτό το έτος ήταν μικρότερο κατά $\frac{1}{4}$ της ημέρα και είχε ως αποτέλεσμα, κάθε τέσσερα χρόνια, οι εποχές να είναι προχωρημένες κατά μία ημέρα. Λόγω αυτού, μετά από κάθε κύκλο 1460 χρόνων υπήρχε νέα ταύτιση των εποχών με το ημερολόγιο (Boyer & Merzbach, 1997·Winkler, 2022).

Στην αρχαία Ελλάδα, η ανάπτυξη της αστρονομίας ξεκίνησε τον 6^ο αιώνα π.Χ. με τον Θαλή και τον Αναξίμανδρο. Αναμφίβολα, οι Έλληνες δέχτηκαν πολλά στοιχεία από την αστρονομία των λαών της Μεσοποταμίας και οι βασικότερες μέριμνες τους ήταν η παρατήρηση και η χαρτογράφηση των αστεριών, η μελέτη των κινήσεων του Ήλιου και της Σελήνης και η δημιουργία ενός ικανοποιητικού ημερολογίου. Ωστόσο, κατά τον 4^ο αιώνα π.Χ. η ελληνική αστρονομία παρουσίασε μια αποφασιστική καμπή με τον Πλάτωνα και τον Εύδοξο τον Κνίδιο. Στο έργο τους αποκαλύπτεται ότι: 1. Ενδιαφέρονταν για την πλανητική αστρονομία και όχι για την αστρική, 2. Τους ενδιέφερε η δημιουργία ενός γεωμετρικού μοντέλου, προκειμένου να αναπαραστήσουν τα αστρικά και τα πλανητικά φαινόμενα. Αυτό το μοντέλο ήταν το μοντέλο των «δύο σφαιρών». 3. Τους απασχολούσε η επεξεργασία κριτηρίων, τα οποία θα έπρεπε να ικανοποιούνται στις θεωρίες που επιδίωκαν την εξήγηση των πλανητικών παρατηρησιακών δεδομένων (Lindberg, 1992/1997).

Έτσι, δημιουργείται μια νέα επιστήμη που λέγεται θεωρητική-μαθηματική αστρονομία, η οποία είχε αντικείμενό της την γεωμετρική μελέτη και την ερμηνεία των κινήσεων των ουράνιων σωμάτων και ιδίως των πλανητών. Η συγκεκριμένη αλλαγή επαναπροσδιόρισε το

ρόλο και τις δυνατότητες της επιστήμης για την κατανόηση του υλικού σύμπαντος. Το αίτημα μετασχηματισμού της εμπειρικής αστρονομίας σε θεωρητική είχε διατυπωθεί από τον Πλάτωνα και τον Εύδοξο τον Κνίδιο, δημιουργό του μοντέλου των «ομόκεντρων κύκλων» που επιδίωξε για πρώτη φορά την ερμηνεία της κίνησης των πλανητών. Ένα γεωμετρικό μοντέλο που επέτρεπε ποσοτικούς υπολογισμούς και προγνώσεις που αφορούσαν τις κινήσεις του Ήλιου, της Σελήνης και των υπόλοιπων πλανητών, με βάση γεωμετρικές μεθόδους και όχι την εμπειρία. Ο Πλάτωνας εξέφρασε την ανάγκη αποκάλυψης της πραγματικής φύσης της αστρονομίας με τη χρήση της γεωμετρίας. Έτσι, σταδιακά, η αστρονομία από εμπειρική τέχνη έγινε επιστήμη. Η σημαντικότερη συμβολή του Πλάτωνα ήταν οι ιδέες που διατύπωνε για την αστρονομία και για τις ερμηνείες που έπρεπε να δίνουν οι αστρονόμοι (Χριστιανίδης κ.α., 2000).

Το πλανητικό μοντέλο του Ευδόξου αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα αξιοποίησης της γεωμετρίας του κύκλου και της σφαίρας για την μαθηματική περιγραφή και ερμηνεία των φαινομένων ουράνιων κινήσεων. Ο Εύδοξος εγκαινίασε μια νέα παράδοση για την αστρονομία. Μια παράδοση όπου η εφαρμογή των μαθηματικών στην αναπαράσταση των πλανητικών κινήσεων για την πρόγνωση διαφόρων αστρονομικών φαινομένων είναι ανεξάρτητη από τις κοσμολογικές αντιλήψεις. Ωστόσο, το μοντέλο του Ευδόξου παρουσίαζε κάποιες ανωμαλίες και υπέστη τροποποιήσεις από τον Κάλλιπο (Χριστιανίδης κ.α., 2000).

Κατά τη διάρκεια του 3^{ου} αιώνα π.Χ. έκαναν την εμφάνισή τους δύο ενδιαφέρουσες θεωρίες, η ηλιοκεντρική υπόθεση και το μοντέλο των *επικύκλων και των φερόντων κύκλων*. Η ηλιοκεντρική υπόθεση που απομάκρυνε τη γη από τα κέντρο του κόσμου, διατυπώθηκε από τον Αρίσταρχο τον Σάμιο και δεν γνώρισε ιδιαίτερη αποδοχή. Το μοντέλο των επικύκλων και των φερόντων κύκλων αντικατέστησε το μοντέλο του Ευδόξου, καθώς παρουσίαζε κάποιες ανωμαλίες. Τέλος, στη ρωμαϊκή εποχή, οι γνώσεις της αστρονομίας διαδόθηκαν και αξιοποιήθηκαν. Σημαντικό ρόλο έπαιξε ο Κλαύδιος ο Πτολεμαίος (Χριστιανίδης κ.α., 2000).

Στην αρχαιότητα, η παρατήρηση του έναστρου ουρανού συνδεόταν στενά με τη ναυσιπλοΐα, καθώς η γνώση και η αναγνώριση ορισμένων ουράνιων σωμάτων μπορούσαν να συμβάλουν στον προσανατολισμό και στον προσδιορισμό της πορείας των ναυτικών. Τα ταξίδια και οι γεωγραφικές εξερευνήσεις πραγματοποιούνταν από την προϊστορική εποχή. Υπάρχουν ενδείξεις για εξερευνητικά ταξίδια των Αιγυπτίων, σε γειτονικές τους περιοχές, από τα μέσα του 3.000 π.Χ. Η αναζήτηση άλλων λαών, άλλων τόπων και άλλων πολιτισμών αποσκοπούσε στην ανάπτυξη του εμπορίου, στην κατάκτηση στρατηγικών θέσεων, στην απόκτηση πλουτοπαραγωγικών πηγών, στην εξασφάλιση καλύτερων συνθηκών ζωής και στην ίδρυση αποικιών, λόγω της ανάγκης διοχέτευσης του υπερπληθυσμού (Δημητρακόπουλος, 2022).

Υπό αυτές τις συνθήκες, προέκυψαν θέματα πλοήγησης των πλοίων και θέματα καταγραφής πληροφοριών για τους νέους τόπους. Συγκεκριμένα, ήταν βασική ανάγκη η καταγραφή και η απεικόνιση των τόπων που παρουσίαζαν ενδιαφέρον, καθώς και η καταγραφή όλων των πολύτιμων εμπειριών που αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια του εκάστοτε ταξιδιού (οι θέσεις και οι αποστάσεις των λιμανιών, των εκβολών των ποταμών, η φύση των ακτών, τα σημεία υδροληψίας, τα επικίνδυνα σημεία, τα προϊόντα που παρήγαγαν και πληροφορίες για τους ντόπιους πληθυσμούς). Στο πλαίσιο αυτό αναπτύχθηκε η χαρτογραφική αναπαράσταση του χώρου και η σύνταξη έργων που περιλάμβαναν γεωγραφικές, εθνογραφικές και περιγραφικές πληροφορίες για διαφορετικούς τόπους και λαούς. Οι

εξελίξεις αυτές συνέβαλαν στη διαμόρφωση μιας πιο συστηματικής προσέγγισης της γνώσης του γεωγραφικού χώρου και αποτέλεσαν σημαντικό στάδιο στην ανάπτυξη της αρχαίας γεωγραφίας (Δημητρακόπουλος, 2022).

Ξεκινώντας από το μακρινό παρελθόν θα καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η πλοήγηση έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του εμπορίου, στην αναζήτηση και εύρεση νέων τόπων καθώς και στην διάδοση των πολιτισμών. Κατά την αρχαιότητα, η πλοήγηση δεν ήταν ακριβής. Αντίθετα, η έλλειψη οργάνων παρατήρησης και η αδυναμία μέτρησης των ωρών ανάγκαζαν τους αρχαίους ναυτικούς να κάνουν πλοήγηση με μεγάλη προσέγγιση. Η ναυτική δραστηριότητα στηριζόταν σε ποικιλία παραγόντων, όπως οι άνεμοι, τα θαλάσσια ρεύματα, η ταχύτητα του πλοίου που ήταν υπολογίσιμη και κυρίως η θέση των άστρων στον έναστρο ουρανό. Το Πολικό Αστέρι της Μικρής Άρκτου κατείχε σημαντικότερο ρόλο στην πλοήγηση του παρελθόντος καθώς δείχνει πάντα τον βορρά (Αρχαίοι Έλληνες και θάλασσα, 2001).

Η μελέτη των ουράνιων φαινομένων και η συνειδητοποίηση της περιοδικότητάς τους επέτρεψαν στους λαούς της αρχαιότητας να χρησιμοποιήσουν τα άστρα αλλά και τους αστερισμούς για τον προσανατολισμό τους και τις μετακινήσεις τους σε στεριά και θάλασσα. Η αξιοποίηση των γνώσεων που κατακτήθηκαν από την μελέτη του ουρανού επέτρεψε την ανάπτυξη της ναυσιπλοΐας, έδωσε μεγάλη ώθηση στο εμπόριο και τελικά συνέβαλε αποφασιστικά στην εμφάνιση και στην ανάπτυξη των σημαντικών πολιτισμών της αρχαιότητας (Σιμόπουλος & Δεληβοριάς, 2012).

4.4. Η ιατρική

Οι απαρχές της ιατρικής ανάγονται στην προϊστορική εποχή, όταν ο άνθρωπος άρχισε να αναπτύσσει στοιχειώδεις πρακτικές αντιμετώπισης τραυματισμών, ασθενειών και άλλων καταστάσεων που απειλούσαν την υγεία και την επιβίωσή του. Αρχικά, οι πρακτικές αυτές βασίζονταν στην παρατήρηση, στην εμπειρία και στη σταδιακή συσσώρευση πρακτικής γνώσης. Η επανάληψη και η μεταβίβαση σχετικών πρακτικών από γενιά σε γενιά συνέβαλαν στη διαμόρφωση μιας εμπειρικής προσέγγισης της θεραπείας, η οποία αποτέλεσε ένα από τα πρώιμα στάδια στην ιστορική εξέλιξη της ιατρικής (Ζηρογιάννης & Βογιατζάκης, 2017).

Όσον αφορά την αιγυπτιακή ιατρική, η εικόνα που διαθέτουμε είναι αναγκαστικά αποσπασματική και βασίζεται, μεταξύ άλλων, στα ιατρικά κείμενα που έχουν διασωθεί σε παπύρους. Στα κείμενα αυτά διαπιστώνεται η στενή συνύπαρξη πρακτικών θεραπευτικών μεθόδων με μαγικές και θρησκευτικές πρακτικές. Οι ασθένειες μπορούσαν να αποδίδονται σε υπερφυσικές δυνάμεις, θεότητες ή πνευματικές οντότητες και, στο πλαίσιο αυτό, χρησιμοποιούνταν ξόρκια, τελετουργίες, προσευχές και φυλακτά. Ειδικός για τη διεξαγωγή αυτών των τελετών ήταν ο ιερέας-θεραπευτής, ο οποίος ήταν γνωστός για την αγνότητά του, ήξερε τις ψαλμωδίες και μεριμνούσε για οποιαδήποτε λεπτομέρεια. Θεοί, όπως ο Θωθ, ο Ωρος, η Ίσις και ο Ιμοτέπ συνδέθηκαν στενά με θεραπευτικές λειτουργίες. Παράλληλα, οι Αιγύπτιοι χρησιμοποιούσαν φαρμακευτικά σκευάσματα που περιείχαν φυτικές, ζωικές και ορυκτές ουσίες, καθώς και πρακτικές θεραπείας τραυματισμών και άλλων παθήσεων. Επομένως, η αιγυπτιακή ιατρική δεν μπορεί να περιγραφεί αποκλειστικά ως μαγική ή θρησκευτική, αλλά ως ένα σύνθετο σύστημα στο οποίο συνυπήρχαν εμπειρικές θεραπευτικές πρακτικές, φαρμακευτικές παρασκευές και θρησκευτικές-μαγικές αντιλήψεις (Lindberg, 1992/1997).

Από τους ιατρικούς παπύρους που έχουν διασωθεί, δύο από τους σημαντικότερους είναι ο πάπυρος του Ebers και ο πάπυρος του Edwin Smith. Ο πάπυρος του Ebers περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό θεραπευτικών συνταγών και οδηγιών για διάφορες παθήσεις και προβλήματα υγείας, μεταξύ άλλων του δέρματος, του στόματος, των ματιών, του πεπτικού και του αναπαραγωγικού συστήματος, καθώς και για πονοκεφάλους, τραύματα και εγκαύματα. Ο πάπυρος του Edwin Smith επικεντρώνεται σε τραυματισμούς και κακώσεις και περιλαμβάνει συστηματική περιγραφή περιστατικών, όπως τραύματα, κατάγματα και εξαρθρώσεις, καθώς και οδηγίες για την αντιμετώπισή τους. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η οργανωμένη δομή αρκετών από τις περιπτώσεις που περιγράφονται στους δύο παπύρους, καθώς σε αυτές καταγράφονται, με διαφορετικό βαθμό συστηματικότητας, η περιγραφή του προβλήματος, η αξιολόγηση ή διάγνωση της κατάστασης και η προτεινόμενη θεραπευτική αντιμετώπιση (Μπαλανίκας, 2015).

Σχετικά με τη μεσοποτάμια ιατρική, αυτή παρουσιάζει αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με τις θεραπευτικές πρακτικές της αρχαίας Αιγύπτου. Οι πήλινες πινακίδες που έχουν διασωθεί περιλαμβάνουν συστηματικά οργανωμένες περιγραφές περιστατικών, οι οποίες μαρτυρούν την προσεκτική παρατήρηση των συμπτωμάτων και τη διατύπωση προγνωστικών εκτιμήσεων. Παράλληλα, οι θεραπευτές ασχολούνταν με την παρασκευή φαρμακευτικών σκευασμάτων και με διάφορες θεραπευτικές και χειρουργικές παρεμβάσεις. Επίσης, η θεραπευτική πρακτική ήταν στενά συνδεδεμένη με τη θρησκεία και τις μαγικές αντιλήψεις. Στο πλαίσιο αυτό, η αντιμετώπιση της ασθένειας μπορούσε να περιλαμβάνει μαντικές πρακτικές, θυσίες, προσευχές και μαγικές τελετουργίες, οι οποίες αποσκοπούσαν, μεταξύ άλλων, στην απομάκρυνση ή εξουδετέρωση υπερφυσικών παραγόντων που θεωρούνταν ότι προκαλούσαν την ασθένεια (Lindberg, 1992/1997).

Όσον αφορά την αρχαία ελληνική ιατρική, οι διαθέσιμες μαρτυρίες παρουσιάζουν ένα σύνθετο σύνολο θεραπευτικών πρακτικών, στο οποίο συνυπήρχαν η εμπειρική γνώση, η παρατήρηση, η χρήση φαρμακευτικών σκευασμάτων και χειρουργικών πρακτικών, αλλά και θρησκευτικές και μαγικές αντιλήψεις. Η εικόνα που διαθέτουμε είναι αποσπασματική και αποκαλύπτει μια ποικιλία θεραπευτικών προσεγγίσεων, από τη χρήση φαρμάκων και τη χειρουργική αντιμετώπιση τραυματισμών έως τις μαγικές επωδές και τις θεραπευτικές πρακτικές που συνδέονταν με την ερμηνεία των ονείρων (Lindberg, 1992/1997).

Όσον αφορά την αρχαία ελληνική ιατρική, οι διαθέσιμες μαρτυρίες παρουσιάζουν ένα σύνθετο σύνολο θεραπευτικών πρακτικών, στο οποίο συνυπήρχαν η εμπειρική γνώση, η παρατήρηση, η χρήση φαρμακευτικών σκευασμάτων και χειρουργικών πρακτικών, αλλά και θρησκευτικές και μαγικές αντιλήψεις. Η εικόνα που διαθέτουμε είναι αποσπασματική και αποκαλύπτει μια ποικιλία θεραπευτικών προσεγγίσεων, από τη χρήση φαρμάκων και τη χειρουργική αντιμετώπιση τραυματισμών έως τις μαγικές θεραπευτικές πρακτικές και τις θεραπευτικές πρακτικές μέσω ονείρων (Λυπουρλής, 2008· Torres, 2022).

Πιο αναλυτικά, θεραπεία μπορούσαν να προσφέρουν:

- Οι «Λαϊκοί θεραπευτές»

Ήταν θεραπευτές που δρούσαν στα πλαίσια της λαϊκής παράδοσης. Ουσιαστικά ήταν οι άνθρωποι που σχετίζονταν με την προμήθεια των φαρμακευτικών μέσων και ήταν γνωστοί ως *ριζοτόμοι* (αυτοί που κόβουν ρίζες) και *«φαρμακοπώλαι»*. Αφενός προμήθευαν ασθενείς και γιατρούς με τα φυτικά φάρμακα, έδιναν οδηγίες και εκτελούσαν θεραπείες.

- Τα Ασκληπιεία

Ήταν ιεροί χώροι, αφιερωμένοι στον θεό Ασκληπιό, όπου οι άρρωστοι ακολουθούσαν διάφορες διαδικασίες (λουτρά, δίαιτες, ακροάσεις μουσικών ή θεατρικών παραστάσεων, δεήσεις, θυσίες κ.α.) για να θεραπευτούν. Το τελικό στάδιο της θεραπείας ήταν η εγκοίμηση, δηλαδή ο ασθενής κοιμόταν σε ειδικό χώρο του Ασκληπιείου και κατά τη διάρκεια του ύπνου του εμφανιζόταν ο θεός ή κάποια άλλη μορφή για να τον θεραπεύσει ή να του δώσει θεραπευτικές οδηγίες.

- Οι «Επιστήμονες» γιατροί

Ήταν διάσημοι γιατροί τους οποίους θα μπορούσαμε να ονομάσουμε «επιστήμονες» καθώς είχαν αποκτήσει ιατρικές γνώσεις σε κάποια ιατρική σχολή, όπως στη σχολή της Κνίδου ή στη σχολή της Κω. Ο πιο γνωστός «επιστήμονας» γιατρός ήταν ο Ασκληπιός που έγινε ο θεός της θεραπείας (Χριστιανίδης κ.α., 2000).

Κατά τον 5ο και 4ο αιώνα π.Χ. διαμορφώθηκε μια νέα ιατρική παράδοση, η οποία επηρεάστηκε από τις σύγχρονες φιλοσοφικές εξελίξεις και έδωσε μεγαλύτερη έμφαση στην παρατήρηση, στην εμπειρία και στην αναζήτηση φυσικών αιτιών των ασθενειών. Η παράδοση αυτή αναπτύχθηκε παράλληλα με τις προϋπάρχουσες θεραπευτικές πρακτικές και απέκτησε περισσότερο λόγιο και κοσμικό χαρακτήρα. Συνδέθηκε ιδιαίτερα με την Ιπποκρατική Συλλογή, ένα σύνολο ιατρικών έργων που αποδίδονται παραδοσιακά στον Ιπποκράτη και σε άλλους ιατρούς της ίδιας παράδοσης (Lindberg, 1992/1997· Torres, 2022).

Η ιπποκρατική παράδοση αποτέλεσε σημαντικό μέρος της αρχαίας ελληνικής ιατρικής και έδωσε ιδιαίτερη έμφαση στην πρόληψη, στη διατροφή, στη σωματική άσκηση και στη γενικότερη διατήρηση της υγείας. Παράλληλα, χρησιμοποιούσε φαρμακευτικές ουσίες, μεταξύ των οποίων φυτικά σκευάσματα, καθώς και θεραπευτικές πρακτικές όπως η χορήγηση εμετικών και καθαρτικών, στο πλαίσιο της αντίληψης για την αποκατάσταση της ισορροπίας του οργανισμού. Κεντρική θέση στην ιπποκρατική ιατρική κατείχε η θεωρία των τεσσάρων χυμών: του αίματος, του φλέγματος, της κίτρινης χολής και της μέλαινας χολής. Η κατάσταση ισορροπίας μεταξύ των χυμών αποδιδόταν με τον όρο «ευκρασία», ενώ η διατάραξη της ισορροπίας τους με τον όρο «δυσκρασία». Στο πλαίσιο αυτής της θεωρίας, η διατήρηση της ευκρασίας αποτελούσε σημαντικό στοιχείο της υγείας και η πρόληψη περιλάμβανε, μεταξύ άλλων, την κατάλληλη διατροφή, τη σωματική άσκηση και τη ρύθμιση του τρόπου ζωής (Ζηρογιάννης & Βογιατζάκης, 2017· Ustinova, 2024).

Οι ιπποκρατικοί συγγραφείς ήταν στοχαστές και φιλόσοφοι που έθεσαν θεμελιώδη ερωτήματα για την υγεία και την ασθένεια ή συγγραφείς ιατρικών έργων που επιδίωξαν να προσεγγίσουν ζητήματα σχετικά με την υγεία, την ασθένεια και τη θεραπεία, στηριζόμενοι σε στοιχεία της φιλοσοφικής παράδοσης. Στα ιπποκρατικά κείμενα αποτυπώνεται η προσπάθεια συστηματικότερης παρατήρησης των ασθενειών, αναζήτησης φυσικών αιτιών και διαμόρφωσης θεραπευτικών πρακτικών που βασίζονταν στην εμπειρία και στην παρατήρηση (Lindberg, 1992/1997· Ustinova, 2024).

Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι, η λόγια ιατρική δεν εκτόπισε τις άλλες μορφές θεραπευτικής πρακτικής. Αντίθετα, συνυπήρξε με παραδοσιακές θεραπευτικές πρακτικές και πεποιθήσεις, οι οποίες εξακολούθησαν να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Μάλιστα, ορισμένες παραδοσιακές θεραπευτικές πρακτικές ενσωματώθηκαν, σε κάποιο βαθμό, στη λόγια ιατρική.

Προχωρώντας στην ελληνιστική εποχή, μετά τον θάνατο του Αλεξάνδρου, η Αλεξάνδρεια εξελίχθηκε σε σημαντικό κέντρο επιστημονικής και πολιτιστικής δραστηριότητας. Στο πλαίσιο αυτό, κατά το πρώτο μισό του 3ου αιώνα π.Χ., ο Ηρόφιλος και ο Ερασίστρατος, δύο από τους σημαντικότερους ιατρούς και ανατόμους της ελληνιστικής περιόδου, πραγματοποίησαν συστηματικές ανατομές ανθρώπινων πτωμάτων, αποκτώντας σημαντικές γνώσεις για την ανατομία και τη λειτουργία του ανθρώπινου σώματος (Ζηρογιάννης & Βογιατζάκης, 2017).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασαν οι έρευνές τους σχετικά με τον εγκέφαλο, το νευρικό σύστημα, την καρδιά και τα αγγεία. Σε αντίθεση με την αριστοτελική αντίληψη που απέδιδε στην καρδιά κεντρικό ρόλο, ο Ηρόφιλος έδωσε ιδιαίτερη σημασία στον εγκέφαλο και στο νευρικό σύστημα. Παράλληλα, ο Ηρόφιλος μελέτησε συστηματικά τον αρτηριακό σφυγμό και επιχείρησε να προσδιορίσει τον ρυθμό και τα χαρακτηριστικά του, χρησιμοποιώντας ακόμη και υδρορολόι για τη μέτρησή του (Ζηρογιάννης & Βογιατζάκης, 2017).

Η συμβολή των δύο ιατρών χαρακτηρίζεται από την ιδιαίτερη έμφαση στην ανατομική παρατήρηση και στη μελέτη της λειτουργίας του ανθρώπινου σώματος. Για τον λόγο αυτό, ορισμένοι ιστορικοί της ιατρικής τους θεωρούν σημαντικούς πρωτοπόρους στην ανάπτυξη συστηματικότερων μεθόδων ιατρικής έρευνας. Ωστόσο, θα ήταν αναχρονιστικό να ταυτίσουμε άμεσα τις πρακτικές τους με τη σύγχρονη επιστημονική μέθοδο.

Μία από τις σημαντικότερες μορφές της μεταγενέστερης αρχαίας ιατρικής ήταν ο Γαληνός. Ο ίδιος θεωρούσε τον Ιπποκράτη σημαντικό πρόδρομο της ιατρικής παράδοσης και παρουσίαζε το έργο του ως συνέχεια και συστηματική ανάπτυξη της ιπποκρατικής κληρονομιάς. Το θεωρητικό οικοδόμημα του Γαληνού βασίστηκε, μεταξύ άλλων, στη συστηματική επεξεργασία της θεωρίας των τεσσάρων χυμών - αίμα, φλέγμα, κίτρινη και μέλαινα χολή - καθώς και στη θεωρία των τεσσάρων βασικών ποιοτήτων, δηλαδή του θερμού, του ψυχρού, του υγρού και του ξηρού (Λυπουρλής, 2008).

Παράλληλα, ο Γαληνός έδωσε ιδιαίτερη σημασία στην ανατομική γνώση, στην παρατήρηση και στην αξιοποίηση εμπειρικών δεδομένων για την κατανόηση της λειτουργίας του ανθρώπινου σώματος. Στο θεραπευτικό του έργο κατείχαν σημαντική θέση και οι φαρμακευτικές ουσίες, τις οποίες ενέτασσε σε ένα ευρύτερο θεωρητικό πλαίσιο σχετικά με τη φύση και την ισορροπία του οργανισμού.

Ιδιαίτερα σημαντική υπήρξε η χρήση πειραματικών πρακτικών σε ζώα για τη διερεύνηση της λειτουργίας του οργανισμού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η διατομή του παλίνδρομου λαρυγγικού νεύρου σε χοίρους, η οποία προκαλούσε απώλεια ή σημαντική αλλοίωση της φωνής και επέτρεψε στον Γαληνό να συνδέσει τη λειτουργία του συγκεκριμένου νεύρου με την παραγωγή της φωνής. Τέτοιου είδους πειράματα αποτελούν σημαντική ένδειξη της συστηματικής χρήσης πειραματικών και ανατομικών μεθόδων στην έρευνά του (Ζηρογιάννης & Βογιατζάκης, 2017).

Το έργο του Γαληνού άσκησε σημαντική και μακροχρόνια επιρροή στην εξέλιξη της ιατρικής. Μετά τον θάνατό του, τα ιατρικά του συγγράμματα διαδόθηκαν ευρέως και, κατά τους επόμενους αιώνες, μεταφράστηκαν και σχολιάστηκαν σε διάφορες γλώσσες, μεταξύ των οποίων τα λατινικά, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση της μεταγενέστερης ευρωπαϊκής ιατρικής παράδοσης (Λυπουρλής, 2008).

Κατά την ελληνιστική και τη ρωμαϊκή περίοδο, η ελληνική ιατρική γραμματεία απέκτησε ευρεία διάδοση στον μεσογειακό κόσμο και άσκησε σημαντική επιρροή στην εξέλιξη της

ιατρικής γνώσης. Η διάδοση ιατρικών θεωριών και θεραπευτικών πρακτικών συνδέθηκε, μεταξύ άλλων, με την ευρύτερη κυκλοφορία των ιατρικών συγγραμμάτων και με την παρουσία Ελλήνων ιατρών σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου. Ιδιαίτερα σημαντική υπήρξε η διάδοση και η μελέτη των έργων της ιπποκρατικής παράδοσης, τα οποία αποτέλεσαν βασικό μέρος της μεταγενέστερης ιατρικής γραμματείας. Παράλληλα, η ανάπτυξη των θαλάσσιων επικοινωνιών και η ευρεία χρήση του παπύρου ως γραφικού υλικού διευκόλυναν τη μετακίνηση ανθρώπων, κειμένων και πρακτικών γνώσεων, συμβάλλοντας στην ανταλλαγή ιατρικών γνώσεων και φαρμακευτικών πρακτικών στον ευρύτερο μεσογειακό χώρο (Ζηρογιάννης & Βογιατζάκης, 2017).

Κατά την αρχή της Ρωμαϊκής περιόδου, σημαντικό μέρος των ιατρικών και φαρμακευτικών γνώσεων της ελληνικής παράδοσης διατηρήθηκε και μεταδόθηκε, ενώ παράλληλα αναπτύχθηκαν νέες θεραπευτικές πρακτικές και οργανωμένες μορφές άσκησης της ιατρικής. Η ιατρική περίθαλψη αφορούσε διαφορετικές κοινωνικές ομάδες και οργανώθηκε σε διάφορα πλαίσια, μεταξύ των οποίων η αυτοκρατορική αυλή, οι ανώτερες κοινωνικές τάξεις και ο ρωμαϊκός στρατός (Μαντάς, 2011).

Ιδιαίτερη σημασία απέκτησαν οι ιατροί που υπηρετούσαν τον στρατό, καθώς η φροντίδα της υγείας των στρατιωτών αποτελούσε σημαντικό στοιχείο για τη διατήρηση της επιχειρησιακής ικανότητας των στρατευμάτων. Παράλληλα, στο πλαίσιο της αυτοκρατορικής αυλής υπήρχαν ιατροί που παρείχαν ιατρική φροντίδα στον αυτοκράτορα και στο περιβάλλον του. Η οργάνωση της ιατρικής περίθαλψης και η διάδοση των ιατρικών γνώσεων συνέβαλαν στη διατήρηση και περαιτέρω ανάπτυξη της ελληνικής ιατρικής παράδοσης κατά τη Ρωμαϊκή περίοδο (Μαντάς, 2011).

Κατά τη βυζαντινή περίοδο, οι μονές διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στην ιστορία της περίθαλψης και στη διατήρηση και αξιοποίηση φαρμακευτικών γνώσεων. Σε αρκετές περιπτώσεις, οι μοναστηριακές κοινότητες καλλιεργούσαν και χρησιμοποιούσαν φαρμακευτικά φυτά και άλλες φυσικές ουσίες για την παρασκευή θεραπευτικών σκευασμάτων. Παράλληλα, οι μονές και τα μοναστηριακά ιδρύματα μπορούσαν να παρέχουν περίθαλψη σε ασθενείς, φτωχούς, ταξιδιώτες και προσκυνητές, είτε σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους είτε σε οργανωμένα νοσηλευτικά ιδρύματα (Ζηρογιάννης & Βογιατζάκης, 2017· Miller, 1985).

Χαρακτηριστικά παραδείγματα οργανωμένης βυζαντινής περίθαλψης αποτελούν η Βασιλειάδα στην Καππαδοκία, που συνδέθηκε με το έργο του Μεγάλου Βασιλείου, και το συγκρότημα του Παντοκράτορος στην Κωνσταντινούπολη, το οποίο περιλάμβανε οργανωμένο νοσοκομείο. Τα ιδρύματα αυτά καταδεικνύουν τη σημαντική συμβολή των χριστιανικών και μοναστηριακών ιδρυμάτων στην οργάνωση της κοινωνικής πρόνοιας και της περίθαλψης κατά τη βυζαντινή περίοδο (Miller, 1985).

Ωστόσο, δεν θα πρέπει να θεωρηθεί ότι κατά τη Ρωμαϊκή περίοδο περιορίστηκε η ιατρική δραστηριότητα στην απλή αναπαραγωγή των προγενέστερων ιατρικών έργων. Παράλληλα με τη διατήρηση και τη διάδοση της παλαιότερης γραμματείας, τα ιατρικά κείμενα μπορούσαν να υποστούν επεξεργασία, σχολιασμό και εμπλουτισμό με στοιχεία που αντανάκλουν τις γνώσεις και τις θεραπευτικές πρακτικές της εποχής (Miller, 1985).

Μία από τις σημαντικές τάσεις που παρατηρούνται σε ορισμένα ιατρικά έργα ήταν η προσπάθεια συστηματικότερης οργάνωσης και αξιολόγησης των θεραπευτικών πρακτικών. Σε ορισμένες περιπτώσεις, πρακτικές που συνδέονταν με μαγικές ή δεισιδαιμονικές

αντιλήψεις αντιμετωπίζονταν με επιφύλαξη ή περιορίζονταν, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι οι σχετικές αντιλήψεις εξαφανίστηκαν από την ιατρική γραμματεία. Παράλληλα, η μεταγενέστερη ιατρική γνώση φαίνεται να ενσωματώνεται στα παλαιότερα έργα μέσω σχολίων, προσθηκών και νέων θεραπευτικών πληροφοριών. Οι προσθήκες αυτές αφορούσαν, μεταξύ άλλων, τη χρήση νέων φαρμακευτικών ουσιών και διαφορετικών θεραπευτικών πρακτικών, συμβάλλοντας στη συνεχή ανανέωση και μετάδοση της ιατρικής γνώσης (Ζηρογιάννης & Βογιατζάκης, 2017).

Αξίζει να σημειωθεί ότι σε βιβλιοθήκες και συλλογές χειρογράφων σε διάφορες περιοχές του κόσμου διατηρείται σημαντικός αριθμός ιατρικών χειρογράφων, τα οποία δεν έχουν ακόμη μελετηθεί ή αξιοποιηθεί πλήρως από την έρευνα. Η μελέτη τους απαιτεί συχνά διεπιστημονική συνεργασία, καθώς προϋποθέτει την παλαιογραφική ανάγνωση και αποκατάσταση των κειμένων, τη μετάφραση και ερμηνεία τους, την ταυτοποίηση φυτών και άλλων φαρμακευτικών ουσιών, καθώς και την κατανόηση εξειδικευμένων ιατρικών και φαρμακευτικών όρων. Η αξιοποίηση τέτοιων πηγών μπορεί να συμβάλει στην πληρέστερη κατανόηση της ιστορικής εξέλιξης των ιατρικών και φαρμακευτικών γνώσεων (Ζηρογιάννης & Βογιατζάκης, 2017).

5. Οι ιδιαιτερότητες της επιστημονικής και τεχνολογικής εξέλιξης στον αρχαίο κόσμο

Η μελέτη της επιστήμης και της τεχνολογίας στην αρχαιότητα αποκαλύπτει μια σειρά φαινομένων, τα οποία, υπό το πρίσμα των σύγχρονων αντιλήψεων, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον. Συγκεκριμένα, παρά την ανάπτυξη σύνθετων μορφών επιστημονικής γνώσης, παρατηρείται περιορισμένη τεχνολογική αξιοποίησή τους σε μαζική κλίμακα. Ταυτόχρονα, μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη του ουράνιου κόσμου παρά η κατανόηση της επίγειας κίνησης. Το παρόν κεφάλαιο επικεντρώνεται στα συγκεκριμένα παράδοξα και επιχειρεί να ερμηνεύσει τους λόγους εμφάνισής τους.

5.1. Απουσία τεχνολογικής ανάπτυξης σε ευρεία κλίμακα στην αρχαία Ελλάδα

Συχνά διατυπώνεται η άποψη ότι η αρχαία τεχνολογία παρουσιάζει μια υστέρηση στο σύνολό της. Στηριζόμενοι στα κείμενα συγγραφέων της αρχαιότητας που πραγματεύονταν την μηχανική θα καταλήξουμε σε 3 συμπεράσματα. Πρώτον, είναι εντυπωσιακή η ευστροφία επινόησης νέων εφαρμογών των λιγοστών απλών μηχανικών αρχών που είχαν διατυπωθεί. Δεύτερον, είναι αξιοσημείωτο το ενδιαφέρον προς το θεωρητικό πλαίσιο της μηχανικής και προς τις διατυπωμένες αρχές. Τρίτον, είναι άξιο λόγου το γεγονός ότι αναγνώριζαν τον διπλό σκοπό εφαρμογής των αρχών της μηχανικής, αφενός η ικανοποίηση πρακτικών αναγκών και αφετέρου η διασκέδαση και η πρόκληση έκπληξης (Lloyd, 2013).

Στο σημείο αυτό θα επιχειρήσουμε να απαντήσουμε σε ένα από τα σημαντικότερα ερωτήματα που απασχολούν τους μελετητές της ιστορίας των επιστημών: «Γιατί οι αρχαίοι Έλληνες δεν ανέπτυξαν την τεχνολογία σε ευρεία κλίμακα, αν και υπήρχε η γνώση και οι βασικές τεχνολογικές αρχές;» (Lloyd, 2013).

Οι απαντήσεις που έχουν δοθεί ποικίλουν και μπορούν να ομαδοποιηθούν ως εξής:

5.1.1. Η τεχνολογική ερμηνεία

Σύμφωνα με αυτήν, η «καθυστέρηση» της ανάπτυξης της τεχνολογίας στον αρχαίο ελληνικό κόσμο, σε μαζική κλίμακα, μπορεί να ερμηνευθεί μέσω της τεχνολογίας. Οι αρχαίοι

Έλληνες δεν εκδήλωσαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και προθυμία να αξιοποιήσουν τις γνωστές αρχές της μηχανικής. Μάλιστα σε κάποιες περιπτώσεις δεν μπόρεσαν καν στη διαδικασία να επιχειρήσουν. Αυτή η περιφρόνηση της μηχανικής ήταν ένας από τους παράγοντες που δεν ευνόησαν την ανάπτυξη της τεχνολογίας. Ακολούθως, ο πρωτογονισμός της τότε υπάρχουσας τεχνολογίας, σε συνδυασμό και με την έλλειψη εφευρέσεων, δεν άφησαν περιθώρια στους αρχαίους Έλληνες να αναπτύξουν μια ταχεία τεχνολογική πρόοδο. Όμως, πρέπει να επισημάνουμε ότι τέτοιου είδους εξηγήσεις κινδυνεύουν να χαρακτηριστούν κυκλικές (Lloyd, 2013).

Ταυτόχρονα, δεν θα πρέπει να αγνοήσουμε και τις συντηρητικές τάσεις μετάδοσης των τεχνικών γνώσεων στην αρχαιότητα. Γενικά, η γνώση μεταβιβαζόταν ατομικά από τον γονέα στο παιδί, από τον φίλο στον φίλο ή από τον μάστορα στον μαθητευόμενο, καθώς δεν υπήρχε καμία κοινωνία με υποχρεωτική τυπική εκπαίδευση. Η μετάδοση των τεχνικών γνώσεων στον μαθητευόμενο πραγματοποιούνταν κυρίως μέσω της μαθητείας, της παρατήρησης και της πρακτικής άσκησης, καθώς ο μαθητευόμενος αποκτούσε σταδιακά τις απαραίτητες δεξιότητες παρακολουθώντας και επαναλαμβάνοντας τις πρακτικές του έμπειρου τεχνίτη (Lindberg, 1992/1997).

5.1.2. Η ερμηνεία διαμέσου της επιστήμης

Η συγκεκριμένη ερμηνεία διαθέτει τρεις υποπεριπτώσεις: α) την απουσία σύνδεσης της επιστήμης με την τεχνολογία, β) την απουσία ανεπτυγμένης φυσικής επιστήμης στην αρχαιότητα και γ) την απουσία μιας σωστής θεωρίας για την κίνηση και ενός ανεπτυγμένου κλάδου της δυναμικής (Καρασμάνης, 1997).

Είναι γενικά αποδεκτό ότι, στον αρχαίο κόσμο η επιστήμη αντιμετωπίστηκε ως ένα είδος αναψυχής και ένα μέσο στοχασμού, χωρίς να βρίσκουν εφαρμογή οι αρχές της. Ουσιαστικά, η επιστήμη ήταν ένας κύκλος σπουδών για μια μικρή ομάδα προνομιούχων και όχι ένα μέσο αλλαγής των συνθηκών ζωής. Ακόμη και οι τέχνες της ιατρικής και της αρχιτεκτονικής δεν αντιμετωπίζονταν με εκτίμηση (Farrington, 1944/1989).

5.1.3. Η ερμηνεία της πρώτης ύλης και των πηγών ενέργειας

Η συγκεκριμένη ερμηνεία υποστηρίζει ότι ο ελληνορωμαϊκός κόσμος δεν είχε την ευκαιρία να παρουσιάσει μια ουσιαστική τεχνολογική ανάπτυξη και λόγω σοβαρής έλλειψης πρώτων υλών και λόγω σοβαρής έλλειψης πηγών ενέργειας που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν προς αυτήν την κατεύθυνση. Σχετικά με τις πρώτες ύλες, είναι γνωστό ότι ο σίδηρος ήταν σπάνιος και η τιμή του υψηλή (Καρασμάνης, 1997·Kougré, 1991).

5.1.4. Η κοινωνικο-οικονομική ερμηνεία

Σύμφωνα με αυτήν, είναι σύνηθες οι ερευνητές της αρχαίας τεχνολογίας, υπό το κοινωνικο-οικονομικό πρίσμα, να εστιάζουν την προσοχή τους σε τεχνολογίες που στόχευαν στην παραγωγή ή στην εξοικονόμηση εργασίας και όχι στην τεχνολογία εν γένει. Το καθεστώς της δουλείας και γενικότερα η άφθονη εξαρτημένη εργασία, καθώς και η έλλειψη δημόσιων και ιδιωτικών επενδύσεων σε τεχνολογικούς τομείς και τομείς αύξησης της παραγωγικότητας ήταν οι σημαντικότεροι παράγοντες που δεν επέτρεψαν την τεχνολογική ανάπτυξη (Καρασμάνης, 1997·Kougré, 1991).

Όσον αφορά στη δομή της αρχαίας κοινωνίας, η δουλεία και το δουλοκτητικό σύστημα δεν ευνόησαν καθόλου την τεχνολογική ανάπτυξη, καθώς θεωρούνταν λιγότερο δαπανηρή και περισσότερο προσοδοφόρα η κατοχή ενός δούλου σε σχέση με οποιαδήποτε μηχανή. Με δεδομένη την ύπαρξη μεγάλου αριθμού δούλων και εργατών φαίνεται ερμηνεύσιμη η απουσία οποιασδήποτε απόπειρας επινόησης κάποιας τεχνικής εξοικονόμησης εργασίας ή παραγωγής ισχύος. Πιθανόν να υπάρχει κάποια δόση αλήθειας σε αυτόν τον ισχυρισμό. Ωστόσο, δεν θα πρέπει να αγνοήσουμε και τις δυσκολίες κατοχής δούλων, όπως η οικονομική επιβάρυνση λόγω της διατροφής τους καθώς και δυσκολία ελέγχου τους (Lloyd,1973/2007).

5.1.5. Η πολιτισμική ερμηνεία

Αυτή η ερμηνεία υποστηρίζει ότι οι Έλληνες είχαν αναπτύξει μια νοοτροπία υποτίμησης της εργασίας, των τεχνών αλλά και της εφαρμοσμένης επιστήμης, καθώς το ιδεώδες τους ήταν ησχόλη (Καρασμάνης, 1997·Κογρέ, 1991).

5.1.6. Η πολιτική ερμηνεία

Σύμφωνα με την συγκεκριμένη ερμηνεία, στα κράτη της αρχαιότητας είχε προωθηθεί μια συγκεντρωτική οικονομία, λόγω των πολιτικών τους δομών, που δεν ευνοούσε τις επενδύσεις και την αύξηση της παραγωγικότητας (Καρασμάνης, 1997).

Πιο αναλυτικά, η αρχαία κοινωνία ήταν μια κοινωνία κατανάλωσης και όχι παραγωγής. Δηλαδή, ένα πολύ μικρό μέρος του πληθυσμού (αριστοκρατία, γραφειοκρατικός και στρατιωτικός μηχανισμός) κατανάλωνε το πλεόνασμα. Παράλληλα, ο αρχαίος κόσμος ήταν διαιρεμένος σε λίγες μεγάλες πόλεις που ήταν εστίες κατανάλωσης. Η ενδοχώρα, δηλαδή η επαρχία, παρήγαγε και παρείχε στις πόλεις αυτά που κατανάλωναν. Η συγκεκριμένη κοινωνική και οικονομική δομή που στηριζόταν στην κατανάλωση των αγροτικών προϊόντων δεν απαιτούσε σημαντική ανάπτυξη της παραγωγής αλλά συνεχούς επεκτατικούς και ληστρικούς πολέμους. Η εν λόγω κοινωνική δομή δεν ήταν σε θέση να παράξει προϊόντα στηριζόμενη στη διεύρυνση των εδαφών, του αγροτικού εργατικού δυναμικού και υπηρετικού προσωπικού (Vegetti,1992/2000).

Συμπερασματικά, οι αρχαίοι Έλληνες δεν κατάφεραν να εφαρμόσουν την βασισμένη στην επιστήμη τεχνολογία ούτε στους τομείς παραγωγής ούτε στην οικονομική ζωή. Επιπλέον, δεν μπόρεσαν να αξιοποιήσουν την μηχανική τους ιδιοφυΐα προκειμένου να παράξουν μηχανές εξοικονόμησης σωματικής εργασίας. Ουσιαστικά, η τεχνολογία που έβρισκε εφαρμογή σε τομείς παραγωγής ήταν η παλιά τεχνολογία του τεχνίτη. Ωστόσο, η μηχανική ως επιστήμη έχαιρε μεγάλης εκτίμησης, μάλλον επειδή είχε μεγαλύτερη σχέση με τις θεωρητικές σπουδές και όχι με την πρακτική χρησιμότητα. Οι σύνθετες μηχανικές κατασκευές, όπως τα αυτόματα, δεν φαίνεται να είχαν ευρεία και συστηματική εφαρμογή στην παραγωγική διαδικασία και στην οικονομική δραστηριότητα της εποχής. Η ανάπτυξή τους συνδεόταν περισσότερο με την επίδειξη μηχανικών δυνατοτήτων και την ψυχαγωγία (Καρασμάνης, 1997).

Σύμφωνα με μια ιστοριογραφική ερμηνεία, η περιορισμένη αξιοποίηση ορισμένων μηχανικών γνώσεων στην παραγωγική διαδικασία συνδέονται τόσο με την κοινωνική και οικονομική οργάνωση του αρχαίου κόσμου όσο και με τις αντιλήψεις της εποχής για τη θεωρητική γνώση και τις τεχνικές δραστηριότητες. Στο πλαίσιο αυτό, έχει υποστηριχθεί ότι ένα μέρος των φορέων της λόγιας γνώσης διατηρούσε μεγαλύτερη απόσταση από τις

πρακτικές και οικονομικές διαστάσεις των μηχανικών τεχνών, ενώ το κοινωνικό κύρος συνδεόταν σε σημαντικό βαθμό με τη θεωρητική παιδεία και τη γνώση (Vegetti, 1992/2000).

Παράλληλα, η υποστήριξη από την πολιτική εξουσία και, σε ορισμένες περιπτώσεις, η βασιλική προστασία μπορούσαν να προσφέρουν στους λόγιους και στους τεχνίτες τους απαραίτητους πόρους για την ανάπτυξη των δραστηριοτήτων τους. Ταυτόχρονα, η περιορισμένη ζήτηση για ορισμένες σύνθετες μηχανικές κατασκευές και η περιορισμένη ενσωμάτωσή τους στην παραγωγική διαδικασία ενδέχεται να συνέβαλαν στη μικρότερη διάδοσή τους. Στο πλαίσιο αυτής της ερμηνείας, η σχετική απόσταση μεταξύ θεωρητικής γνώσης, μηχανικών τεχνών και παραγωγικής δραστηριότητας αποτέλεσε έναν από τους παράγοντες που επηρέασαν την πορεία της αρχαίας τεχνολογίας (Vegetti, 1992/2000).

Στη σύγχρονη εποχή, η επιστήμη δεν θεωρείται γνώση της φύσης αλλά κυριαρχία στη φύση, διότι περιλαμβάνει και την έννοια της δύναμης που είναι ικανή να αλλάξει τις συνθήκες ζωής. Η παραγωγή βοηθάει την επιστήμη και η επιστήμη την παραγωγή (Farrington, 1944/1989). Παράλληλα, η αλληλεπίδραση μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας είναι αμφίδρομη. Δηλαδή, και η τεχνολογία στηρίζεται στην επιστήμη αλλά και η επιστήμη στηρίζεται στην τεχνολογία. Η σύγχρονη επιστήμη δεν θα μπορούσε να προχωρήσει τόσο γρήγορα χωρίς τη συμβολή της τεχνολογίας. Όμως, αυτή η μορφή τεχνολογίας που υπηρετεί την επιστήμη ήταν άγνωστη στην αρχαιότητα (Καρασμάνης, 1997).

Αξίζει να σημειωθεί ότι, στην αρχαιότητα η εξουσία, το γόητρο και η τιμή αποτελούσαν τις ισχυρότερες κινητήριες δυνάμεις. Υπό αυτό το πρίσμα, υπήρχαν ηγεμόνες που ενθάρρυναν την τεχνολογία και τους κατάλληλους τεχνίτες. Ωστόσο, υπήρχε και το κίνητρο του κέρδους το οποίο επιδίωκαν ενεργά οι αρχαίοι Έλληνες. Εκείνη την εποχή, ο πλούτος δεν ήταν ο αυτοσκοπός αλλά το μέσο για την επίτευξη ενός στόχου, για παράδειγμα το μέσο εισόδου στον κύκλο των γαιοκτημόνων (Lloyd, 2013).

5.2. Ουράνια και επίγεια κίνηση

Από την αρχαιότητα, η έννοια της κίνησης αποτέλεσε ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα της φυσικής φιλοσοφίας. Η μελέτη της κίνησης των ουράνιων σωμάτων, αλλά και η παρατήρηση επίγειων φαινομένων, όπως η πτώση και η μετακίνηση των σωμάτων, οδήγησαν τους αρχαίους φιλοσόφους στη διατύπωση διαφορετικών θεωριών και αρχών για την ερμηνεία των φυσικών φαινομένων. Μέσα από φιλοσοφικές, μαθηματικές και γεωμετρικές προσεγγίσεις αναπτύχθηκαν ποικίλες αντιλήψεις για την ουράνια και την επίγεια κίνηση. Η μελέτη της κίνησης κατέχει ιδιαίτερη θέση στην ιστορία της αρχαίας φυσικής φιλοσοφίας, καθώς ανέδειξε την προσπάθεια συστηματικής παρατήρησης, περιγραφής και ερμηνείας των φυσικών φαινομένων μέσω θεωρητικών επιχειρημάτων και, σε ορισμένες περιπτώσεις, μαθηματικών μοντέλων.

Γενικότερα, έχει υποστηριχθεί ότι οι αρχαίοι Έλληνες ανέπτυξαν ιδιαίτερα σημαντικές γνώσεις σχετικά με την κίνηση των ουράνιων σωμάτων, ενώ η μελέτη της επίγειας κίνησης δεν απέκτησε αντίστοιχα ανεπτυγμένο μαθηματικό χαρακτήρα. Η παρατήρηση του έναστρου ουρανού αποτέλεσε σημαντικό κίνητρο για τη συστηματικότερη μελέτη και ερμηνεία των φυσικών φαινομένων, όμως, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι σχετικές αντιλήψεις αποσυνδέθηκαν πλήρως από τις θρησκευτικές και κοσμολογικές αντιλήψεις της εποχής.

Η μελέτη της ουράνιας κίνησης απέκτησε σταδιακά περισσότερο συστηματικό και μαθηματικό χαρακτήρα, ιδιαίτερα από τον 4ο αιώνα π.Χ., και οδήγησε στην ανάπτυξη

γεωμετρικών μοντέλων για την περιγραφή των φαινομένων κινήσεων των ουράνιων σωμάτων. Η παράδοση αυτή εξελίχθηκε περαιτέρω κατά την ελληνιστική περίοδο, με σημαντικούς σταθμούς το έργο του Ίππαρχου και, αργότερα, τη σύνθεση του Πτολεμαίου. Αντίθετα, η μελέτη της επίγειας κίνησης στην αρχαία Ελλάδα αποτέλεσε κυρίως αντικείμενο φιλοσοφικής και φυσικής διερεύνησης και δεν οδήγησε στη διαμόρφωση ενός ενιαίου μαθηματικού πλαισίου, αντίστοιχου με εκείνο που αναπτύχθηκε μεταγενέστερα στη μαθηματική μηχανική. Στο πλαίσιο αυτό εξετάστηκαν ζητήματα όπως η πτώση των σωμάτων, η κίνηση των βλημάτων, η μεταβολή της ταχύτητας και γενικότερα η φύση και τα αίτια της κίνησης των επίγειων σωμάτων (Κάλφας, 2022).

Επομένως, παρατηρείται μια φαινομενική αντίφαση, όσον αφορά τη διαφορετική ανάπτυξη της μελέτης της ουράνιας και της επίγειας κίνησης. Για την κατανόησή της είναι χρήσιμο να διακρίνουμε δύο διαφορετικές παραδόσεις μελέτης της φύσης στην αρχαιότητα. Η πρώτη είναι η μαθηματική αστρονομία, η οποία είχε ως αντικείμενο την περιγραφή, τη μαθηματική αναπαράσταση και την πρόβλεψη των φαινομένων κινήσεων του Ήλιου, της Σελήνης και των πλανητών. Η δεύτερη είναι η φυσική φιλοσοφία, η οποία ασχολούνταν με τη φύση της κίνησης, τα αίτιά της και τις αρχές που διέπουν την κίνηση και τη μεταβολή των φυσικών σωμάτων (Χριστιανίδης κ.ά., 2000).

Η συγκεκριμένη διάκριση είναι ιδιαίτερα σημαντική στην περίπτωση του Αριστοτέλη. Για τον Αριστοτέλη, η φυσική δεν αποτελούσε απλώς καταγραφή των κινήσεων των σωμάτων, αλλά διερεύνηση της φύσης, των αρχών και των αιτιών των φυσικών φαινομένων. Στο δεύτερο βιβλίο των *Φυσικών*, ορίζει τη φύση ως αρχή κίνησης και μεταβολής και διακρίνει τα φυσικά από τα τεχνητά όντα. Συνεπώς, η αριστοτελική φυσική επιδίωκε μια φιλοσοφική και αιτιακή κατανόηση της κίνησης (Χριστιανίδης κ.ά., 2000).

Η προσέγγιση αυτή διαφοροποιείται ως προς τον σκοπό και τη μεθοδολογία από τη μαθηματική αστρονομία. Ο αστρονόμος μπορούσε να κατασκευάζει γεωμετρικά μοντέλα για την αναπαράσταση και την πρόβλεψη των φαινομένων κινήσεων των ουράνιων σωμάτων, χωρίς να θεωρείται απαραίτητο να προσδιορίσει τις φυσικές αιτίες που βρίσκονταν πίσω από τις κινήσεις αυτές. Με αυτόν τον τρόπο, η ελληνιστική αστρονομία ανέπτυξε ιδιαίτερα σύνθετα μαθηματικά εργαλεία για την περιγραφή και την πρόβλεψη των ουράνιων φαινομένων, ακολουθώντας διαφορετική μεθοδολογική κατεύθυνση από εκείνη της αριστοτελικής φυσικής (Κάλφας, 2005).

Παράλληλα, η διαφορετική πορεία των δύο παραδόσεων σχετίζεται και με τη διάκριση ανάμεσα στο «πώς» και το «γιατί» των φυσικών φαινομένων. Η μαθηματική αστρονομία μπορούσε να επιτύχει σημαντικά αποτελέσματα περιγράφοντας και προβλέποντας το «πώς» κινούνται τα ουράνια σώματα. Η κατασκευή ενός γεωμετρικού μοντέλου επέτρεπε στον αστρονόμο να υπολογίζει και να προβλέπει τη θέση ενός ουράνιου σώματος, χωρίς να είναι απαραίτητο να προσδιορίσει τη φυσική αιτία της συγκεκριμένης κίνησης. Αντίθετα, η φυσική φιλοσοφία του Αριστοτέλη είχε διαφορετικές θεωρητικές απαιτήσεις, καθώς η επιστημονική γνώση συνδεόταν με τη γνώση των αιτιών. Επομένως, δεν αρκούσε η περιγραφή της κίνησης ενός σώματος, αλλά απαιτούνταν και η διερεύνηση των αιτιών που εξηγούν γιατί το σώμα κινείται με τον συγκεκριμένο τρόπο (Κάλφας, 2005).

Η διαφοροποίηση αυτή συμβάλλει, εν μέρει, στην κατανόηση του γεγονότος ότι η αρχαία αστρονομία μπόρεσε να αναπτύξει ιδιαίτερα σύνθετα μαθηματικά μοντέλα για την

περιγραφή και την πρόβλεψη των ουράνιων κινήσεων, ενώ η θεωρητική μελέτη της επίγειας κίνησης παρέμεινε σε μεγάλο βαθμό ενταγμένη στο πλαίσιο της φυσικής φιλοσοφίας.

Ένας σημαντικός λόγος για τη διαφορετική ανάπτυξη των δύο παραδόσεων ήταν και η φύση των φαινομένων που εξετάζονταν. Η ανατολή και η δύση των άστρων, η ετήσια φαινόμενη κίνηση του Ήλιου, οι φάσεις της Σελήνης και οι περιοδικές κινήσεις των πλανητών παρουσίαζαν σημαντική κανονικότητα και επαναληπτικότητα. Η προβλεψιμότητα αυτών των φαινομένων ευνοούσε τη συστηματική καταγραφή παρατηρήσεων και την αναζήτηση μαθηματικών και γεωμετρικών σχέσεων (Lloyd, 2006).

Αντίθετα, η ποσοτική μελέτη πολλών επίγειων φαινομένων παρουσίαζε μεγαλύτερες δυσκολίες. Για παράδειγμα, η πτώση ενός σώματος υπό πραγματικές συνθήκες επηρεάζεται από παράγοντες όπως η αντίσταση του αέρα, το σχήμα και το μέγεθος του σώματος, γεγονός που δυσχεραίνει την ακριβή ποσοτική περιγραφή της κίνησής του. Επιπλέον, η μαθηματική μελέτη της κίνησης προϋποθέτει τη συστηματική συσχέτιση της θέσης, του χρόνου και της μεταβολής της ταχύτητας. Τέτοιου είδους ακριβείς μετρήσεις, ιδίως της χρονικής διάρκειας και της απόστασης που διανύει ένα σώμα σε ίσα χρονικά διαστήματα, ήταν ιδιαίτερα δύσκολο να πραγματοποιηθούν με ακρίβεια στην αρχαιότητα (Lloyd, 2006).

Ωστόσο, αυτό δεν σημαίνει ότι οι αρχαίοι δεν χρησιμοποιούσαν μετρήσεις ή μαθηματικούς υπολογισμούς. Η ελληνική αστρονομία βασίστηκε σε συστηματικές παρατηρήσεις, μετρήσεις και αριθμητικούς υπολογισμούς, ενώ η μηχανική του Αρχιμήδη αξιοποίησε μαθηματικές σχέσεις για τη μελέτη προβλημάτων που αφορούσαν, μεταξύ άλλων, την ισορροπία και την κίνηση. Το ζήτημα είναι ότι οι δυνατότητες ακριβούς μέτρησης, επανάληψης των παρατηρήσεων και πειραματικού ελέγχου διέφεραν σημαντικά ανάλογα με το φυσικό φαινόμενο που εξετάζονταν. Επομένως, η περιορισμένη ανάπτυξη ορισμένων κλάδων της αρχαίας φυσικής δεν μπορεί να αποδοθεί απλώς στην απουσία μετρήσεων, αλλά πρέπει να συνδεθεί και με τις διαφορετικές δυνατότητες παρατήρησης, μέτρησης και μαθηματικής επεξεργασίας κάθε κατηγορίας φαινομένων (Lloyd, 2006).

Η αντίληψη ότι η επίγεια κίνηση δεν μελετήθηκε συστηματικά στον αρχαίο κόσμο γίνεται ιδιαίτερα προβληματική όταν εξετάζεται το έργο του Αριστοτέλη. Τα *Φυσικά* περιλαμβάνουν εκτενή ανάλυση της κίνησης, του χρόνου, του τόπου, του συνεχούς, της ταχύτητας, καθώς και της σχέσης μεταξύ κινούντος και κινουμένου. Ο Αριστοτέλης ορίζει την κίνηση ως «ενέργεια του δυνάμει όντος, ή τοιούτον». Παράλληλα, εξετάζει τις διαφορετικές μορφές κίνησης και διακρίνει τη φυσική από τη βίαιη ή αναγκασμένη κίνηση. Η κίνηση ενός σώματος προς τον φυσικό του τόπο αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα φυσικής κίνησης, ενώ η μετακίνηση ενός σώματος υπό την επίδραση εξωτερικού παράγοντα μπορεί να ενταχθεί στην κατηγορία της βίαιης κίνησης. Ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός ότι ο Αριστοτέλης επιχείρησε να εξηγήσει γιατί τα φυσικά σώματα κινούνται με διαφορετικούς τρόπους. Στη θεωρία του, η κίνηση δεν αντιμετωπίζεται ως απλή μεταβολή της θέσης ενός σώματος, αλλά συνδέεται με τη φύση του σώματος, τις ιδιότητές του και τον φυσικό τόπο προς τον οποίο τείνει. Έτσι, η κίνηση των βαρέων σωμάτων προς την περιοχή του κέντρου του κοσμικού συστήματος ερμηνεύεται στο πλαίσιο της αριστοτελικής αντίληψης για τη φυσική τάξη και τη δομή του κόσμου (Κάλφας, 2015).

Από τη σκοπιά της σύγχρονης φυσικής, αρκετές από τις αριστοτελικές θέσεις σχετικά με την κίνηση δεν συμφωνούν με τις μεταγενέστερες θεωρίες της μηχανικής. Ωστόσο, αυτό δεν σημαίνει ότι ο Αριστοτέλης δεν μελέτησε συστηματικά την κίνηση. Αντίθετα, η

αριστοτελική φυσική αποτελεί ένα από τα πλέον συστηματικά θεωρητικά πλαίσια για τη μελέτη της κίνησης στην αρχαιότητα. Η βασική διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι η αριστοτελική θεωρία στηριζόταν σε διαφορετικές φιλοσοφικές και φυσικές προϋποθέσεις από εκείνες που διαμόρφωσαν τη νεότερη μηχανική (Κάλφας, 1999· Κάλφας, 2015).

Η εικόνα γίνεται ακόμη πιο σύνθετη όταν εξετάζεται το έργο του Αρχιμήδη. Στα έργα του για την ισορροπία των επιπέδων και τα πλωτά σώματα συναντάται μια ιδιαίτερα ανεπτυγμένη μαθηματική αντιμετώπιση μηχανικών και υδροστατικών προβλημάτων. Ο Αρχιμήδης μελέτησε τη σχέση μεταξύ βάρους, απόστασης και ισορροπίας, ενώ η θεωρία του μοχλού αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής γεωμετρικών και μαθηματικών αρχών στη μελέτη μηχανικών φαινομένων. Παράλληλα, ανέπτυξε μαθηματικές μεθόδους για τη μελέτη της ισορροπίας, των κέντρων βάρους και της υδροστατικής. Ωστόσο, το έργο του Αρχιμήδη δεν οδήγησε στη διαμόρφωση μιας γενικής μαθηματικής θεωρίας της κίνησης (Lloyd, 2006).

Συνεπώς, η περίπτωση του Αρχιμήδη δείχνει ότι η αρχαία ελληνική σκέψη δεν στερούνταν μαθηματικού ενδιαφέροντος για τα επίγεια φυσικά φαινόμενα. Αντίθετα, αναπτύχθηκε μια σημαντική παράδοση μαθηματικής μηχανικής σε συγκεκριμένους τομείς, στους οποίους ήταν δυνατό να διατυπωθούν με αυστηρότητα γεωμετρικές και μαθηματικές σχέσεις. Η περίπτωση αυτή δείχνει ότι ο περιορισμένος βαθμός μαθηματικής ανάπτυξης σε ορισμένα προβλήματα της επίγεια κίνησης δεν οφειλόταν στην απουσία ενδιαφέροντος για τη μαθηματική μελέτη της φύσης, αλλά συνδεόταν και με τις διαφορετικές δυνατότητες μαθηματικής διατύπωσης και ποσοτικής διερεύνησης των επιμέρους φαινομένων (Lloyd, 2006· Κάλφας, 2005).

Η εξέλιξη των ιδεών σχετικά με την επίγεια κίνηση δεν σταμάτησε με τον Αριστοτέλη. Ιδιαίτερα σημαντική υπήρξε η συμβολή του Ιωάννη Φιλόπονου, φιλοσόφου και σχολιαστή του 6ου αιώνα μ.Χ., ο οποίος άσκησε κριτική σε βασικές θέσεις της αριστοτελικής φυσικής και, ειδικότερα, στην εξήγηση της κίνησης των βλημάτων. Σύμφωνα με την αριστοτελική αντίληψη, κατά τη βίαιη κίνηση ενός βλήματος η συνέχιση της κίνησής του συνδεόταν με τη δράση του περιβάλλοντος μέσου, όπως ο αέρας. Ο Φιλόπονος αμφισβήτησε αυτή την εξήγηση και υποστήριξε ότι κατά την εκτόξευση μεταδίδεται στο βλήμα μια κινητική δύναμη, η οποία συμβάλλει στη συνέχιση της κίνησής του μετά την απομάκρυνση από το αρχικό αίτιο. Η θέση αυτή συνδέεται μεταγενέστερα με την έννοια του *impetus*, αν και δεν ταυτίζεται με τη νεότερη έννοια της αδράνειας ούτε με τη νευτώνεια αντίληψη της κίνησης. Παρ' όλα αυτά, η κριτική του Φιλόπονου αποτελεί σημαντική εξέλιξη στην ιστορία των ιδεών για την κίνηση, καθώς αμφισβήτησε μια βασική πτυχή της αριστοτελικής δυναμικής και συνέβαλε στη διαμόρφωση μεταγενέστερων θεωρητικών προσεγγίσεων της κίνησης (Μπάλλα, 2006).

Η περίπτωση του Φιλόπονου δείχνει ότι η επίγεια κίνηση δεν αποτέλεσε ένα ζήτημα που εγκαταλείφθηκε μέχρι την εποχή του Γαλιλαίου. Αντίθετα, υπήρξε διαρκής προβληματισμός σχετικά με τη φύση της κίνησης, τα αίτιά της και τη συμπεριφορά των βλημάτων, ενώ οι σχετικές θεωρίες μεταβάλλονταν και αναδιαμορφώνονταν κατά τη διάρκεια της αρχαιότητας και της ύστερης αρχαιότητας.

Συμπερασματικά, η εντύπωση ότι οι αρχαίοι μελέτησαν κυρίως την ουράνια και όχι την επίγεια κίνηση οφείλεται, σε σημαντικό βαθμό, και στα κριτήρια με τα οποία αξιολογούμε σήμερα την επιστημονική γνώση. Από τον Γαλιλαίο και εξής, η νεότερη φυσική έδωσε ιδιαίτερη έμφαση στη συστηματική ποσοτική περιγραφή και στη μαθηματική διατύπωση των

φυσικών φαινομένων. Η κίνηση περιγράφεται μέσω μετρήσιμων μεγεθών, όπως η θέση, ο χρόνος, η ταχύτητα και η επιτάχυνση. Υπό αυτή την οπτική, η αρχαία αστρονομία μπορεί να φαίνεται ότι προσεγγίζει περισσότερο τη μεθοδολογία της νεότερης μαθηματικής φυσικής, καθώς ανέπτυξε σύνθετα μαθηματικά μοντέλα για την περιγραφή και την πρόβλεψη των ουράνιων κινήσεων (Lloyd, 2006).

Ωστόσο, η επίγεια φυσική δεν θα πρέπει να αξιολογείται αποκλειστικά με βάση το κατά πόσο κατέληξε σε μαθηματικές εξισώσεις αντίστοιχες με εκείνες που διαμορφώθηκαν στη νεότερη φυσική, ιδιαίτερα από τον Γαλιλαίο και τον Νεύτωνα. Ένα τέτοιο κριτήριο θα παρέβλεπε το γεγονός ότι οι αρχαίοι φιλόσοφοι και μαθηματικοί έθεσαν σημαντικά θεωρητικά ερωτήματα σχετικά με τη φύση και τα αίτια της κίνησης, την ταχύτητα, τον χώρο, τον χρόνο και τη σχέση μεταξύ αιτίου και αποτελέσματος. Επομένως, η μελέτη της αρχαίας φυσικής απαιτεί να λαμβάνονται υπόψη τόσο οι μαθηματικές επιτεύξεις της αστρονομίας και της μηχανικής όσο και οι διαφορετικές φιλοσοφικές και θεωρητικές προσεγγίσεις της επίγειας κίνησης (Lloyd, 2006).

Συχνά, η ιστοριογραφία της επιστήμης έχει οργανώσει την αφήγηση της εξέλιξης της μηχανικής γύρω από τη μετάβαση από την αριστοτελική φυσική στη νεότερη φυσική του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα. Στο πλαίσιο μιας τέτοιας γραμμικής αφήγησης, η αριστοτελική φυσική μπορεί να παρουσιάζεται κυρίως ως ένα θεωρητικό πλαίσιο που αντικαταστάθηκε από τις νεότερες θεωρίες της κίνησης. Μια τέτοια προσέγγιση μπορεί να δημιουργήσει την εσφαλμένη εντύπωση ότι πριν από τη νεότερη επιστήμη δεν υπήρχε συστηματική μελέτη της επίγειας κίνησης. Στην πραγματικότητα, το ζήτημα δεν ήταν η απουσία ενδιαφέροντος για την κίνηση, αλλά το γεγονός ότι αυτή μελετήθηκε στο πλαίσιο διαφορετικών θεωρητικών, φιλοσοφικών και μεθοδολογικών προϋποθέσεων. Η κατανόηση αυτών των διαφορετικών πλαισίων είναι απαραίτητη για την ιστορικά ακριβέστερη αποτίμηση της αρχαίας μελέτης της κίνησης (Lloyd, 2006).

6. Προβλήματα

6.1. Το πρόβλημα των «πηγών»

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι ερευνητές της ιστορίας των επιστημών και της τεχνολογίας κατά την αρχαιότητα είναι η περιορισμένη και αποσπασματική φύση των ιστορικών πηγών. Η ιστορία μοιάζει με ένα «τεράστιο πάζλ», από το οποίο απουσιάζουν πολλά κομμάτια. Αυτό οφείλεται τόσο στον τρόπο με τον οποίο παράγονται και διασώζονται οι πηγές όσο και στην απώλεια πολλών από αυτές με την πάροδο του χρόνου, μέχρι να φτάσουν στον σύγχρονο ιστορικό (Carr, 1999). Συνεπώς, οι διαθέσιμες πηγές και ο τρόπος αξιοποίησής τους διαμορφώνουν μια εικόνα του παρελθόντος που είναι αναγκαστικά μερική και αποσπασματική (Lowenthal, 2009).

Με βάση το λεξικό των Offenstadt, Dufaud και Mazurel, «πηγές είναι το σύνολο των ιχνών που έχουν αφήσει οι φορείς της δράσης στο παρελθόν και πάνω στα οποία ο ερευνητής στηρίζει τη δουλειά του». Ουσιαστικά, ως ιστορικές πηγές μπορούν να θεωρηθούν τα κατάλοιπα και τα τεκμήρια, γραπτά ή μη, που παρέχουν πληροφορίες για το παρελθόν. Σε αυτά περιλαμβάνονται κείμενα, επιγραφές, αντικείμενα, αγγεία, εργαλεία, μνημεία και άλλα υλικά ή άυλα τεκμήρια (Offenstadt, 2007).

Οι γραπτές ιστορικές πηγές διακρίνονται, μεταξύ άλλων, σε πρωτογενείς και δευτερογενείς. Σύμφωνα με τον Marwick, πρωτογενείς χαρακτηρίζονται οι πηγές που δημιουργήθηκαν κατά την περίοδο που εξετάζουμε και αποτελούν την «πρώτη ύλη της ιστορίας». Αντίθετα, οι δευτερογενείς πηγές αποτελούν μεταγενέστερες μελέτες, προσεγγίσεις και ερμηνείες του παρελθόντος από ιστορικούς και άλλους ερευνητές. Η διάκριση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ιστορική έρευνα, καθώς επιτρέπει στον ερευνητή να διακρίνει τα άμεσα ή σύγχρονα τεκμήρια, προς την εξεταζόμενη περίοδο, από τις μεταγενέστερες ερμηνείες τους (Marwick, 1985).

Κατά την προϊστορική περίοδο δεν είχαν αναπτυχθεί συστήματα γραφής, επομένως, δεν διαθέτουμε γραπτές πηγές αντίστοιχες με εκείνες των μεταγενέστερων ιστορικών κοινωνιών. Η γνώση μας για την προϊστορική ζωή, την τεχνολογία και τις αντιλήψεις των ανθρώπων βασίζεται κυρίως στα αρχαιολογικά και υλικά κατάλοιπα που έχουν διασωθεί, όπως εργαλεία, όπλα, αγγεία, κατάλοιπα κατοικιών, ταφικά ευρήματα και άλλα τεχνουργήματα (Lindberg, 1992/1997). Η διατήρηση των τεκμηρίων εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από το υλικό από το οποίο κατασκευάστηκαν και από τις συνθήκες στις οποίες βρέθηκαν. Για παράδειγμα, επιγραφές χαραγμένες σε πέτρα ή μέταλλο και κείμενα που αποτυπώθηκαν σε κεραμικά αγγεία έχουν περισσότερες πιθανότητες να διατηρηθούν από ότι κείμενα γραμμένα σε ευπαθή υλικά, όπως το ξύλο (Βόγλη, 2015).

Προχωρώντας στην ιστορική περίοδο, μπορούμε να εξετάσουμε τις γραπτές ιστορικές πηγές της Μεσοποταμίας και της Αιγύπτου. Στη Μεσοποταμία χρησιμοποιήθηκαν ευρέως πήλινες πινακίδες, πάνω στις οποίες καταγράφονταν διάφορα είδη κειμένων, όπως διοικητικά έγγραφα, οικονομικές καταγραφές, και εκπαιδευτικά κείμενα. Οι πινακίδες μπορούσαν να αποξηρανθούν στον ήλιο ή να ψηθούν σε φούρνους, γεγονός που συνέβαλε στη διατήρηση σημαντικού αριθμού από αυτές (Boyer & Merzbach, 1997). Στην Αίγυπτο χρησιμοποιήθηκε ευρέως ο πάπυρος, ένα φυτό της κοιλάδας του Νείλου, από το οποίο κατασκευάζονταν φύλλα κατάλληλα για γραφή. Ο πάπυρος παρέχει σχετικά μεγάλες επιφάνειες γραφής και χρησιμοποιούνταν με τη βοήθεια καλαμιού ως γραφικού εργαλείου (Barbier, 2002).

Η μελέτη των παπύρων παρουσιάζει πολλές δυσκολίες, καθώς αρκετά από τα σωζόμενα τεκμήρια είναι φθαρμένα, αποσπασματικά ή παρουσιάζουν σχισίματα και κενά. Η κατάσταση διατήρησής τους συνδέεται τόσο με την ευαισθησία του υλικού όσο και με τις συνθήκες στις οποίες παρέμειναν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, η ιστορία της ανακάλυψης και της συλλογής ορισμένων αιγυπτιακών παπύρων συνδέεται με παράνομες ανασκαφές και με την αρχαιολογική δραστηριότητα ιδιωτών, γεγονός που σε ορισμένες περιπτώσεις επηρέασαν την ακεραιότητα και την τεκμηρίωση των ευρημάτων (Bataille, 2003).

Φτάνοντας στην ελληνορωμαϊκή εποχή, το ενδιαφέρον μας επικεντρώνεται στη διάσωση και στην αξιοποίηση των βιβλίων. Τα βιβλία εκείνης της εποχής ήταν χειρόγραφα και η πιθανότητα διάσωσής τους αυξανόταν όσο αυξανόταν και ο αριθμός των αντιγράφων τους. Όμως, ποιος αποφάσιζε την αντιγραφή, ποιος την πραγματοποιούσε και με ποιον τρόπο; Πιθανότατα, καθοριστικό ρόλο έπαιξαν οι εγγράμματοι των ανώτερων κοινωνικών τάξεων. Η επιθυμία απόκτησης ενός αντιγράφου, για τις προσωπικές τους βιβλιοθήκες μπορούσε να τους οδηγήσει είτε στην προσωπική αντιγραφή ενός έργου είτε στην ανάθεση της αντιγραφής σε γραφέα. Παράλληλα, η αντιγραφή έργων μπορούσε να πραγματοποιείται και για τις ανάγκες των δημόσιων βιβλιοθηκών, οι οποίες αναπτύχθηκαν ιδιαίτερα κατά τα ελληνιστικά χρόνια (Barbier, 2002).

Συνεπώς, ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρέασε τη διάσωση των γραπτών κειμένων ήταν οι προτιμήσεις και οι ανάγκες των μεταγενέστερων αναγνωστών. Η χρήση και η αντιγραφή ορισμένων έργων συνέβαλαν στη διατήρησή τους και στη μετάδοσή τους στις επόμενες γενιές. Αντίθετα, πολλά κείμενα της αρχαιότητας δεν διασώθηκαν, πιθανώς επειδή έπαψαν να αντιγράφονται ή αντικαταστάθηκαν από νεότερα και πληρέστερα έργα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η παράδοση των αρχαίων μαθηματικών συγγραμμάτων. Τα *Κωνικά* του Απολλωνίου, σημαντικό έργο της ελληνιστικής γεωμετρίας, διασώθηκαν μόνο εν μέρει στην ελληνική γλώσσα. Ωστόσο, άλλα έργα αρχαίων γεωμετρών, όπως το *Στερεοί Τόποι* του Αρισταίου και τα *Κωνικά* του Ευκλείδη, δεν έχουν διασωθεί. Η περιορισμένη μεταγενέστερη αντιγραφή και η αντικατάσταση παλαιότερων έργων από νεότερες συνθέσεις ενδέχεται να συνέβαλαν στην απώλειά τους. Η περίπτωση του Απολλωνίου είναι χαρακτηριστική, καθώς από τα οκτώ βιβλία των *Κωνικών* τα τέσσερα πρώτα διασώζονται στα ελληνικά, ενώ τα επόμενα τρία σώζονται μέσω αραβικής μετάφρασης και το όγδοο έχει χαθεί (Χριστιανίδης κ.α., 2000).

Επιπρόσθετα, οι επανειλημμένες αντιγραφές των κειμένων μπορούσαν να οδηγήσουν σε αλλοιώσεις και παραλλαγές σε σχέση με τα αρχικά κείμενα. Οι ερευνητές της αρχαίας ελληνικής επιστήμης δεν έχουν στη διάθεσή τους τα αυθεντικά χειρόγραφα κείμενα, αλλά μεταγενέστερα αντίγραφα και χειρόγραφες παραδόσεις. Επιπλέον, οι άνθρωποι που πραγματοποιούσαν την αντιγραφή (μοναχοί ή επαγγελματίες καλλιγράφοι) δεν ήταν πάντοτε ειδικοί στο αντικείμενο του έργου, γεγονός που μπορούσε να επηρεάσει τη μετάδοση και την ακρίβεια του κειμένου (Χριστιανίδης κ.α., 2000).

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθούμε και στην περγαμηνή. Η χρήση της ανθεκτικότερης περγαμηνής, κατά τη διαδικασία αντικατάστασης των βιβλίων σε κύλινδρο από δεμένα βιβλία περγαμηνής, επηρέασε σημαντικά τη μετάδοση και τη διατήρηση των βιβλίων. Κατά τη διαδικασία αυτή, ορισμένα κείμενα μπορούσαν να θεωρηθούν λιγότερο σημαντικά και να μην αντιγραφούν στην ακριβή περγαμηνή. Επιπλέον, η ανθεκτικότητα της περγαμηνής επέτρεψε την επαναχρησιμοποίησή της. Παλιότερα κείμενα μπορούσαν να αφαιρεθούν ή να αποξυστούν και στην ίδια περγαμηνή να γραφτεί ένα νέο κείμενο. Αυτά τα χειρόγραφα λέγονται «παλίμψηστα». Σε ορισμένες περιπτώσεις, με τη χρήση σύγχρονων τεχνικών απεικόνισης, έχει καταστεί δυνατή η ανάγνωση ή η αποκατάσταση τμημάτων του παλαιότερου κειμένου (Barbier, 2002).

Προς το παρόν, έχουμε εξηγήσει ότι η διαθέσιμη συγγραφική παράδοση του παρελθόντος καθορίζεται αφενός από την επίδραση τυχαίων παραγόντων, όπως η ανθεκτικότητα του υλικού, η υγρασία, οι πυρκαγιές και οι πόλεμοι, και αφετέρου από τις επιλογές και τις προτιμήσεις εκείνων που πραγματοποιούσαν τις αντιγραφές. Ωστόσο, η ελλιπής και αποσπασματική γνώση δεν αποτελεί το μόνο πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο μελετητής της ιστορίας των επιστημών και της τεχνολογίας στην αρχαιότητα. Η αξιοπιστία των διαθέσιμων ιστορικών πηγών αποτελεί ένα ακόμη σημαντικό ζήτημα. Κατά τη μελέτη των έργων των αρχαίων ιστορικών, ο σύγχρονος ερευνητής δεν έχει πάντοτε πρόσβαση στις πηγές που είχαν στη διάθεσή τους οι ίδιοι και, επομένως, δεν είναι πάντοτε δυνατό να αξιολογήσει άμεσα την ποιότητα των πηγών τους και τον τρόπο με τον οποίο αυτές αξιοποιήθηκαν (Pitcher, 2009).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν η *Ιλιάδα* και η *Οδύσσεια* του Ομήρου. Η προέλευση και η διαμόρφωση των συγκεκριμένων επικών ποιημάτων αποτελούν αντικείμενο μακράς επιστημονικής συζήτησης. Τα έπη συνδέονται με μια μακρόχρονη προφορική

παράδοση, η οποία διαμορφώθηκε πριν από την καταγραφή τους και ενσωματώνει στοιχεία διαφορετικών ιστορικών περιόδων. Παράλληλα, έχουν επισημανθεί ομοιότητες και πιθανές επιδράσεις από παραδόσεις της Εγγύς Ανατολής. Παρά τις δυσκολίες που παρουσιάζει η αξιοποίησή τους ως ιστορικών τεκμηρίων, η *Ιλιάδα* και η *Οδύσσεια* αποτελούν σημαντικές πηγές για τη μελέτη των αντιλήψεων, των αξιών και της κοσμοαντίληψης του αρχαίου ελληνικού κόσμου (Lindberg, 1992/1997).

Αναμφίβολα, απαραίτητη προϋπόθεση για την μελέτη και την κατανόηση της επιστήμης και της τεχνολογίας στην αρχαιότητα είναι η κατάλληλη επιστημονική και φιλολογική κατάρτιση του ερευνητή. Η διαμόρφωση μιας πληρέστερης εικόνας για τα αρχαία επιστημονικά και τεχνολογικά επιτεύγματα απαιτεί τη μελέτη κειμένων που είτε είναι γραμμένα στα ελληνικά ή στα λατινικά και δεν έχουν μεταφραστεί ακόμη, είτε σώζονται σε πάπυρους, είτε έχουν διασωθεί αποσπασματικά. Παράλληλα, απαιτείται η συνεξέταση διαφορετικών τύπων τεκμηρίων, ώστε να περιορίζονται, όσο είναι δυνατόν, τα κενά και οι παραμορφώσεις που προκύπτουν από την αποσπασματική διατήρηση του υλικού (Lindberg, 1992/1997).

6.2. Το πρόβλημα της «γλώσσας»

Ένα άλλο ζήτημα που προκαλεί συζητήσεις μεταξύ των ιστορικών των επιστημών είναι η προτεραιότητα της γλώσσας και οι συνεπαγόμενοι περιορισμοί στη μελέτη των τεκμηρίων. Πολλοί υποστηρίζουν ότι, καθώς η γλώσσα παρουσιάζει εγγενή αστάθεια και τα νοήματά της μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου, η ακριβής ανασύσταση των νοημάτων και των προθέσεων των παλαιότερων συγγραφέων καθίστανται ιδιαίτερα δύσκολη. Παράλληλα, τα κείμενα που αξιοποιούνται για την κατανόηση του παρελθόντος δεν αποκαλύπτουν άμεσα και πλήρως τα νοήματα που είχαν για τους δημιουργούς τους, αλλά απαιτούν ερμηνεία με βάση το γλωσσικό, ιστορικό και πολιτισμικό τους πλαίσιο (Γαβρόγλου, 2013).

Η ανάλυση και η αποδόμηση των διαθέσιμων κειμένων επιτρέπουν πολλαπλές αναγνώσεις, κάτι που αποτελεί συνηθισμένη πρακτική στην ιστορική έρευνα. Ωστόσο, η δυνατότητα πολλαπλών ερμηνειών δεν σημαίνει ότι όλες οι ερμηνείες είναι εξίσου βάσιμες. Οι ιστορικοί των επιστημών επιδιώκουν να εντοπίσουν αιτιακές σχέσεις και συσχετισμούς και να διατυπώσουν τεκμηριωμένες ερμηνείες. Αυτό προϋποθέτει αξιολόγηση και ιεράρχηση των διαθέσιμων ερμηνειών με βάση τα τεκμήρια και τα επιχειρήματα που τις υποστηρίζουν. Παράλληλα, οι δυνατοί τρόποι ανάγνωσης ενός κειμένου δεν είναι απεριόριστοι, καθώς η σύνταξή του πραγματοποιείται μέσα σε ένα συγκεκριμένο γλωσσικό, ιστορικό και πολιτισμικό πλαίσιο και όχι σε ένα γλωσσικό κενό. Ο τρόπος σύνταξης κάθε κειμένου εκφράζει συγκεκριμένες πολιτισμικές αξίες, διανοητικές κατηγορίες και τρόπους χρήσης της γλώσσας. Συνεπώς, η αποδόμηση ενός κειμένου μπορεί να αναδείξει διαφορετικές πιθανές σημασίες, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι ο ερευνητής μπορεί να θεωρήσει οποιαδήποτε ερμηνεία αυθαίρετα ως αυθεντική. Η ερμηνεία οφείλει να στηρίζεται στα διαθέσιμα τεκμήρια και να καθιστά σαφή τα όρια και τις προϋποθέσεις της (Γκουνταρούλη, 2015).

Οι ιστορικοί των επιστημών, παρά τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στη μελέτη των τεκμηρίων, θεωρούν ότι είναι δυνατό να ανασυσταθούν, έστω και μερικώς, νοήματα και προθέσεις των συγγραφέων. Ωστόσο, αυτή η προσπάθεια πραγματοποιείται πάντοτε μέσα στα όρια που θέτουν η αποσπασματικότητα των πηγών, η χρονική απόσπαση και η διαφορετικότητα των γλωσσικών και πολιτισμικών πλαισίων. Συνεπώς, η ιστορική ερμηνεία δεν αποτελεί απλή αναπαραγωγή του παρελθόντος, αλλά διαδικασία τεκμηριωμένης

ανασύνθεσής του. Οι ιστορικοί των επιστημών αναγνωρίζουν τόσο τις δυσκολίες όσο και τις δυνατότητες που προσφέρει η συστηματική μελέτη των διαθέσιμων κειμένων και τεκμηρίων και επιχειρούν να αντλήσουν από αυτά όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες και νοήματα, χωρίς να αγνοούν τους περιορισμούς της ιστορικής γνώσης (Γκουνταρούλη, 2015).

Είναι σαφές ότι στις μέρες μας οι ιστορικοί είναι περισσότερο ευαισθητοποιημένοι ως προς την αναζήτηση όσο το δυνατόν περισσότερων νοημάτων στα υπό μελέτη κείμενα. Συχνά, η ανάδειξη αυτών των νοημάτων προσδίδει επιπλέον δυναμική και ενισχύει τα επιχειρήματα του ερευνητή, καθώς είναι πιθανό ορισμένα από αυτά να έχουν διαμορφωθεί ή να έχουν εισχωρήσει με μη συνειδητό τρόπο στο κείμενο. Ο καθορισμός του λόγου στον όποιον ανήκει ένα κείμενο και η σύγκρισή του με συναφείς λόγους εμπλούτισαν τους τρόπους προσέγγισης των διαθέσιμων τεκμηρίων. Παράλληλα, η ολοένα και πιο εκλεπτυσμένη αξιοποίηση του διαθέσιμου αρχειακού υλικού, η αποτελεσματικότερη ενσωμάτωση στοιχείων από άλλα γνωστικά πεδία, η αποδοχή των εγγενών περιορισμών και η αναγνώριση των αβεβαιοτήτων που χαρακτηρίζουν τη γλώσσα δεν αναιρούν την άποψη ότι είναι δυνατό να αντλήσουμε πληροφορίες και να αναζητήσουμε νοήματα για γεγονότα του παρελθόντος. Αντίθετα, αναδεικνύουν την ανάγκη για προσεκτικότερη και περισσότερο τεκμηριωμένη ερμηνεία των διαθέσιμων πηγών (Γαβρόγλου, 2013).

Πλέον, υπό την επίδραση και της ανθρωπολογικής έρευνας, οι ιστορικοί των επιστημών έχουν αναγνωρίσει ότι η γλώσσα δεν αποτελεί τον μοναδικό φορέα νοημάτων. Υπάρχουν μελέτες που έχουν ως αντικείμενο τη ζωή και τις πρακτικές μέσα στα ερευνητικά εργαστήρια και οι οποίες έχουν αξιοποιήσει ανθρωπολογικές προσεγγίσεις για τη μελέτη της επιστημονικής πρακτικής (Γαβρόγλου, 2013).

Εν κατακλείδι, οι ιστορικοί των επιστημών έχουν συνειδητοποιήσει ότι τα τεκμήρια δεν «μιλούν» με άμεσο και αυτονόητο τρόπο, ότι ο ερευνητής χρειάζεται να επιλέξει και να οργανώσει τα γεγονότα που θα εξετάσει και ότι οι αισθητικές αρχές, οι πολιτικές απόψεις και οι προσωπικές αξίες του ιστορικού μπορούν να επηρεάσουν την ιστορική ερμηνεία. Ωστόσο, αυτά τα προβλήματα δεν καθιστούν αδύνατη την ιστορική έρευνα. Αντίθετα, αντιμετωπίζονται μέσα από την ανάπτυξη κατάλληλων μεθόδων, την κριτική εξέταση των τεκμηρίων και τη συνεχή επίγνωση των περιορισμών της ερευνητικής διαδικασίας. Οι ιστορικοί των επιστημών οφείλουν να εξετάζουν κριτικά τόσο τις υποθέσεις τους όσο και τις αξίες τους που ενδέχεται να επηρεάζουν την έρευνά τους. Για να περιοριστεί ο κίνδυνος προσαρμογής των αποτελεσμάτων στις αρχικές προσδοκίες του ερευνητή, είναι σημαντικό οι ερευνητικές υποθέσεις να διατυπώνονται με σαφήνεια και στη συνέχεια να ελέγχονται με βάση τα τεκμήρια και τα αποτελέσματα της έρευνας (Γαβρόγλου, 2013· Γκουνταρούλη, 2015).

6.3. Το πρόβλημα του «πειράματος»

Πολλοί είναι οι επικριτές της αρχαίας ελληνικής επιστήμης που θεωρούν ως ειδοποιό διαφορά, της επιστήμης στην αρχαιότητα και της επιστήμης που αναπτύχθηκε μετά την Αναγέννηση, το πείραμα. Σύμφωνα με αυτούς, οι επιστήμονες του αρχαίου κόσμου δεν αναγνώρισαν τη σπουδαιότητα και την αξία του πειράματος. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μην το χρησιμοποιήσουν καθόλου ή να το χρησιμοποιήσουν χωρίς να έχει τα στοιχεία του πειράματος, όπως τα γνωρίζουμε κατά την επιστημονική επανάσταση. Ωστόσο, τέτοιες

γενικεύσεις δεν πρέπει να διατυπώνονται αβίαστα. Αδιαμφισβήτητα, η μελέτη των κοινωνικών, των πολιτικών και των οικονομικών συνθηκών που επικρατούσαν στην εκάστοτε χρονική περίοδο, καθώς και η εξέταση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της επιστημονικής έρευνας στις διάφορες εξελικτικές φάσεις της θεωρούνται απαραίτητα (Δημητρακόπουλος, 2022).

Η παραπάνω άποψη χρειάζεται κάποιες διευκρινιστικές παρατηρήσεις. Αρχικά, κρίνεται αναγκαίο να εξετάσουμε αν υπήρχε κατάλληλο έδαφος για την διεξαγωγή πειραμάτων κατά την αρχαιότητα. Λαμβάνοντας υπόψη τα θέματα ενδιαφέροντος των αρχαίων Ελλήνων επιστημόνων θα καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι το πείραμα δεν είχε θέση στα περισσότερα προβλήματα που τους απασχολούσαν. Συγκεκριμένα, κατά την πρώιμη ελληνική επιστήμη, η οικοδόμηση των φυσικών θεωριών που είχαν αναπτύξει και η διατύπωση λογικών επιχειρημάτων, τόσο για την υπεράσπισή τους όσο και για δημόσια αποτελεσματική αντίκρουση έναντι αντιπαραθετικών ιδεών, κινούσαν το ενδιαφέρον της τότε επιστημονικής κοινότητας. Παράλληλα, οι φυσικές επιστήμες είχαν εμβρυική ηλικία και δεν υπήρχαν εργαλεία για την διεξαγωγή πειραμάτων (Δημητρακόπουλος, 2022).

Παρά την απουσία του πειράματος, κατά την πρώιμη αρχαία ελληνική επιστήμη, η εμπειρική παρατήρηση υπήρχε. Η χρήση εμπειρικών μεθόδων ήταν επανειλημμένη και «γέννησε» ικανούς παρατηρητές στη Βιολογία, στην Ιατρική και στην Αστρονομία. Δέσποζε το αφηρημένο επιχείρημα λόγω της φύσης των προβλημάτων που απασχολούσαν τους τότε επιστήμονες. Αναμφίβολα, τα θεμέλια της γνώσης ήταν βασική προϋπόθεση για την μελέτη του προβλήματος της μεταβολής. Ένα μεγάλο μέρος της αρχαίας ελληνικής επιστήμης ήταν στενά συνδεδεμένο με τη φιλοσοφία. Η ανάγκη αντιμετώπισης κάποιων θεμελιωδών γνωσιολογικών προβλημάτων ήταν απαραίτητη προϋπόθεση για την αντιμετώπιση καθαρά επιστημονικών θεμάτων. Οι αρχαίοι Έλληνες επιστήμονες, στην προσπάθειά τους να διασαφηνίσουν τη φύση των διαφόρων προβλημάτων που τους απασχολούσαν, έκριναν ο ένας τις ιδέες του άλλου. Σίγουρα, η συγκεκριμένη τακτική ορθολογικής ανταλλαγής απόψεων ήταν σημαντική συμβολή των Μιλησίων (Lloyd, 1970/2008).

Κατά την ύστερη κλασική εποχή, παρατηρήθηκε μια σημαντική ποιοτική στροφή. Συγκεκριμένα, ο Στράτωνας διαδραμάτισε καθοριστικό ρόλο στην συστηματοποίηση της χρήσης του πειράματος. Πλέον, το πείραμα είναι χρήσιμο εργαλείο της επιστημονικής έρευνας και αποκτά αποδεικτικό ρόλο. Ακολούθησαν κι άλλοι επιστήμονες σε διάφορους τομείς. Για παράδειγμα, ο Αρχιμήδης, ο Φίλων, ο Ήρων και ο Κτησίβιος στους τομείς της Φυσικής και της Μηχανικής, ο Γαληνός στους τομείς της Ιατρικής και της Βιολογίας, ο Ερασίστρατος και ο Ηρόφιλος στην Ιατρική και ο Πτολεμαίος στη Φυσική. Για αυτούς το πείραμα ήταν συστατικό στοιχείο της ερευνητικής-επιστημονικής εργασίας. Το προετοίμαζαν προσεκτικά και συνειδητά καθορίζοντας τον επιδιωκόμενο στόχο, επιλέγοντας και χρησιμοποιώντας τα απαραίτητα πειραματικά όργανα και ακολουθώντας τον κατάλληλο πειραματικό έλεγχο (Ζηρογιάννης & Βογιατζάκης, 2017· Δημητρακόπουλος, 2022).

Είναι άξια λόγου μια αναφορά που εντοπίζεται σε κάποιο κείμενο του Γαληνού και αφορά κάποιο πείραμα με τη χρήση πειραματόζων. Με βάση το συγκεκριμένο κείμενο, ο Γαληνός πιθανότατα είχε επινοήσει την πρώτη *τυφλή μελέτη ουσίας* χρησιμοποιώντας κοκόρια ως πειραματόζωα. Η θηριακή ήταν ένα κοκτέιλ από δηλητήρια, σε μικρές ποσότητες, που το χρησιμοποιούσαν για την πρόκληση ανοχής σε δηλητηριάσεις. Φαίνεται ότι ο Γαληνός επιδίωξε να αποδείξει την αποτελεσματικότητα της θηριακής πραγματοποιώντας ένα πείραμα

με δύο ομάδες από κοκόρια. Η μια ομάδα πτηνών χρησιμοποιήθηκε ως ομάδα ελέγχου (control group) ενώ στην άλλη ομάδα χορηγήθηκε θηριακή. Στη συνέχεια, και οι δύο ομάδες πτηνών εκτέθηκαν σε δηλητηριώδη ερπετά. Τελικά, η ομάδα που είχε δεχτεί θηριακή επιβίωσε, σε αντίθεση με όλη την ομάδα ελέγχου που απεβίωσε (Ζηρογιάννης & Βογιατζάκης, 2017).

Ωστόσο, η χρήση του πειράματος ήταν ένα μεμονωμένο φαινόμενο. Φαίνεται ότι, οι κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές συνθήκες που επικρατούσαν τότε δεν προώθησαν περαιτέρω τη χρήση του πειράματος. Συγκεκριμένα, το ενδιαφέρον των ηγεμόνων μόνο για την στρατιωτική τεχνολογία, ο θεσμός της δουλείας, η απουσία κρατικής χρηματοδότησης και η έλλειψη κατάλληλων πειραματικών οργάνων ήταν κάποιοι από τους παράγοντες που επηρέασαν ανασταλτικά τη συστηματοποίηση, την προώθηση και τη μαζική χρήση του πειράματος (Δημητρακόπουλος, 2022).

Εν κατακλείδι, παρά το υψηλό επίπεδο της επιστημονικής ανάπτυξης οι υπάρχουσες πολιτικές, κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες της αρχαίας Ελλάδας δεν επέτρεψαν την μετάβαση στην επόμενη φάση που εμφανίζει τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής επανάστασης. Αυτή η μετάβαση πραγματοποιήθηκε 1.500 χρόνια αργότερα, στηρίχθηκε στην αναβίωση της ελληνικής επιστήμης της αρχαιότητας και οδήγησε στην οικοδόμηση της επιστήμης στην σύγχρονη εκδοχή της (Δημητρακόπουλος, 2022).

6.4. Το πρόβλημα της «συνέχειας»

Το ζήτημα της συνέχειας και της ασυνέχειας στην εξέλιξη της επιστήμης αποτελεί ένα από τα σημαντικά προβλήματα της ιστοριογραφίας της επιστήμης και εξακολουθεί να απασχολεί τους ερευνητές. Η σχετική συζήτηση συνδέεται με τον τρόπο με τον οποίο ερμηνεύεται η μετάβαση από την αρχαία και τη μεσαιωνική γνώση στη νεότερη επιστήμη. Στο πλαίσιο ορισμένων παραδοσιακών ιστοριογραφικών προσεγγίσεων, αναγνωριζόταν η σημασία της αρχαίας ελληνικής φιλοσοφίας και επιστήμης, ενώ ο Μεσαίωνας παρουσιαζόταν συχνά ως περίοδος περιορισμένης πνευματικής και επιστημονικής προόδου. Ωστόσο, η αντίληψη αυτή έχει αμφισβητηθεί από μεταγενέστερες ιστορικές μελέτες, οι οποίες ανέδειξαν τη συμβολή της μεσαιωνικής περιόδου στη διατήρηση, τη μετάδοση και την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης (Lindberg, 1992/1997).

Οι προσεγγίσεις που δίνουν έμφαση στην ασυνέχεια υπογραμμίζουν ότι η επιστημονική εξέλιξη δεν συνιστά πάντοτε μια ομαλή και γραμμική συσσώρευση γνώσεων. Αντίθετα, μπορεί να περιλαμβάνει σημαντικές μεταβολές στις θεωρίες, στις μεθόδους και στις εννοιολογικές προϋποθέσεις της επιστημονικής έρευνας. Παράλληλα, η ιστορική εξέλιξη της επιστήμης παρουσιάζει στοιχεία συνέχειας, καθώς παλαιότερες γνώσεις, προβλήματα και μέθοδοι μπορούν να διατηρούνται, να μετασχηματίζονται και να ενσωματώνονται σε νέα θεωρητικά πλαίσια. Επομένως, η σχέση συνέχειας και ασυνέχειας δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί ως ένα απλό δίλημμα, αλλά απαιτεί την εξέταση των συγκεκριμένων ιστορικών συνθηκών και των μεταβολών που σημειώνονται σε κάθε περίοδο (Σκορδούλης, 2014).

Ορισμένοι στοχαστές της νεότερης εποχής, όπως ο Francis Bacon, ο Βολταίρος και ο Condorcet, συνέβαλαν στη διαμόρφωση αφηγήσεων που τόνιζαν την πρόοδο της ανθρώπινης γνώσης και υποβάθμιζαν, σε διαφορετικό βαθμό, τη συμβολή της μεσαιωνικής περιόδου. Στο πλαίσιο αυτών των προσεγγίσεων, η αρχαία ελληνική φιλοσοφία και επιστήμη

αναγνωριζόταν ως σημαντική πηγή της νεότερης γνώσης, ενώ ο Μεσαίωνας συχνά παρουσιαζόταν ως περίοδος περιορισμένης επιστημονικής ανάπτυξης. Η εικόνα αυτή αμφισβητήθηκε στις αρχές του 20ού αιώνα από τον Pierre Duhem, ο οποίος, μέσα από τις ιστορικές μελέτες του, ανέδειξε τη συμβολή των μεσαιωνικών φυσικών φιλοσόφων στην εξέλιξη της μηχανικής και υποστήριξε ότι η νεότερη επιστήμη είχε σημαντικές ρίζες στη μεσαιωνική παράδοση. Έκτοτε, η σχέση ανάμεσα στη συνέχεια και την ασυνέχεια της επιστημονικής εξέλιξης εξακολουθεί να αποτελεί αντικείμενο ιστοριογραφικής συζήτησης, καθώς οι ερευνητές εξετάζουν τόσο τη μετάδοση και τον μετασχηματισμό παλαιότερων γνώσεων όσο και τις ρήξεις που συνόδευσαν τη διαμόρφωση της νεότερης επιστήμης (Lindberg, 1992/1997).

Κατά το πρώτο μισό του 20ού αιώνα, η συζήτηση για τη συνέχεια και την ασυνέχεια της επιστημονικής εξέλιξης άρχισε να αποκτά εντονότερο ιστοριογραφικό ενδιαφέρον. Ιδιαίτερη συμβολή στη συζήτηση είχε ο Alistair Crombie, ο οποίος, μέσα από έργα όπως τα *Augustine to Galileo* και *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100-1700*, ανέδειξε τη συμβολή της μεσαιωνικής φυσικής φιλοσοφίας και των μεθόδων διερεύνησης της φύσης στη διαμόρφωση της πρώιμης νεότερης επιστήμης (Lindberg, 1992/1997).

Η προσέγγιση του Crombie συνάντησε την κριτική του Alexandre Koyré, ο οποίος υπογράμμισε τον ριζικό χαρακτήρα των μεταβολών που συνδέθηκαν με την Επιστημονική Επανάσταση του 16ου και του 17ου αιώνα. Κατά τον Koyré, η νεότερη επιστήμη δεν αποτελούσε απλώς γραμμική επέκταση της μεσαιωνικής παράδοσης, αλλά προϋπέθετε βαθιές αλλαγές στις φιλοσοφικές παραδοχές, στις έννοιες και στον τρόπο με τον οποίο γινόταν αντιληπτή η φύση. Υπό αυτή την έννοια, η διαμόρφωση της νεότερης επιστήμης συνδέθηκε με έναν ουσιαστικό μετασχηματισμό της προηγούμενης κοσμοαντίληψης (Koyré, 1956· Lindberg, 1992/1997).

Μια διαφορετική προσέγγιση διατύπωσε ο Ernan McMullin, ο οποίος εξέτασε το ζήτημα διακρίνοντας τις διαφορετικές μορφές συνέχειας και ασυνέχειας μεταξύ της μεσαιωνικής και της νεότερης επιστήμης. Η συζήτησή του ανέδειξε ότι η ιστορική σχέση των δύο περιόδων δεν μπορεί να αποδοθεί επαρκώς με μια απλή επιλογή ανάμεσα στην πλήρη συνέχεια και την απόλυτη ρήξη, αλλά απαιτεί να εξετάζονται χωριστά οι εννοιολογικές, γλωσσικές και μεθοδολογικές μεταβολές (McMullin, 1965· Lindberg, 1992/1997).

Σημαντική συμβολή στη συζήτηση για τη συνέχεια και την ασυνέχεια της επιστημονικής εξέλιξης είχε ο Thomas Kuhn, ο οποίος αμφισβήτησε την αντίληψη ότι η επιστημονική πρόοδος συνιστά αποκλειστικά μια γραμμική και αδιάλειπτη συσσώρευση γνώσεων. Σύμφωνα με την προσέγγισή του, η ιστορία της επιστήμης περιλαμβάνει τόσο περιόδους σχετικής συνέχειας όσο και περιόδους σημαντικών μεταβολών, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε ριζική αναθεώρηση των κυρίαρχων θεωρητικών αντιλήψεων.

Ειδικότερα, ο Kuhn υποστηρίζει ότι κατά τις περιόδους της «κανονικής επιστήμης» οι επιστήμονες εργάζονται στο πλαίσιο ενός καθιερωμένου παραδείγματος, το οποίο καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τα ερευνητικά προβλήματα, τις αποδεκτές μεθόδους και τα κριτήρια αξιολόγησης των αποτελεσμάτων. Ωστόσο, όταν συσσωρεύονται ανωμαλίες που δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν ικανοποιητικά στο πλαίσιο αυτό και εκδηλώνεται επιστημονική κρίση, μπορεί να προκύψει μια επιστημονική επανάσταση, κατά την οποία ένα παλαιότερο παράδειγμα αντικαθίσταται από ένα νέο. Η μετάβαση αυτή δεν αποτελεί απλώς προσθήκη νέων γνώσεων στις ήδη υπάρχουσες, αλλά μπορεί να επιφέρει ουσιαστικές αλλαγές στον

τρόπο με τον οποίο η επιστημονική κοινότητα διατυπώνει τα προβλήματα, ερμηνεύει τα φαινόμενα και αντιλαμβάνεται τον φυσικό κόσμο (Kuhn, 1962· Σκορδούλης, 2014).

Η έκδοση του έργου του Thomas Kuhn *Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων*, το 1962 αποτέλεσε σημαντικό σταθμό στην εξέλιξη της φιλοσοφίας και της ιστοριογραφίας της επιστήμης, ενισχύοντας τις προσεγγίσεις που εξετάζουν την επιστημονική γνώση μέσα στο ιστορικό της πλαίσιο. Η προσέγγιση αυτή, η οποία συνδέεται με την ιστορική στροφή στη φιλοσοφία της επιστήμης, αντιμετωπίζει την επιστήμη ως δραστηριότητα που διαμορφώνεται και εξελίσσεται υπό συγκεκριμένες ιστορικές και κοινωνικές συνθήκες.

Ο Kuhn ενδιαφέρθηκε, αφενός, για την ένταξη των επιστημονικών θεωριών στο ιστορικό πλαίσιο μέσα στο οποίο διαμορφώθηκαν και, αφετέρου, για τους μηχανισμούς που καθορίζουν τη μεταβολή της επιστημονικής γνώσης. Σύμφωνα με την προσέγγισή του, οι επιστημονικές κοινότητες εργάζονται σε συγκεκριμένα θεωρητικά και μεθοδολογικά πλαίσια, τα οποία επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο διατυπώνουν τα ερευνητικά προβλήματα, αξιολογούν τα δεδομένα και ερμηνεύουν τα φυσικά φαινόμενα. Κατά συνέπεια, η κατανόηση μιας επιστημονικής θεωρίας απαιτεί να λαμβάνονται υπόψη οι ιστορικές συνθήκες και οι παραδοχές της περιόδου κατά την οποία αναπτύχθηκε. Η προσέγγιση αυτή δεν συνεπάγεται κατ' ανάγκη ότι οι επιστημονικές γνώσεις κάθε εποχής αποτελούν εντελώς αυτόνομα και ασύμβατα συστήματα, αλλά υπογραμμίζει τη σημασία του ιστορικού πλαισίου για την ερμηνεία της επιστημονικής εξέλιξης (Kuhn, 1962· Σκορδούλης, 2014).

Επίσης, ο Kuhn θεωρεί ότι η επιστημονική ανάπτυξη περιλαμβάνει εναλλαγές μεταξύ περιόδων «κανονικής επιστήμης» και περιόδων «επιστημονικής κρίσης και επανάστασης». Κατά τις περιόδους κανονικής επιστήμης, οι επιστήμονες εργάζονται στο πλαίσιο ενός καθιερωμένου παραδείγματος και επιδιώκουν την επίλυση συγκεκριμένων ερευνητικών προβλημάτων ή «γρίφων», αξιοποιώντας τις θεωρητικές και μεθοδολογικές αρχές που αυτό παρέχει. Επομένως, η κανονική επιστήμη δεν αποτελεί περίοδο αδράνειας, αλλά χαρακτηρίζεται από συστηματική και εξειδικευμένη ερευνητική δραστηριότητα.

Ωστόσο, κατά την εξέλιξη της κανονικής επιστήμης μπορεί να εμφανιστούν φαινόμενα ή πειραματικά και θεωρητικά προβλήματα που δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν ικανοποιητικά στο πλαίσιο του υφιστάμενου παραδείγματος. Οι περιπτώσεις αυτές χαρακτηρίζονται από τον Kuhn ως «ανωμαλίες». Όταν ορισμένες ανωμαλίες επιμένουν και αποκτούν ιδιαίτερη σημασία, μπορούν να συμβάλουν στην εκδήλωση μιας περιόδου κρίσης. Εφόσον η κρίση οδηγήσει στην αμφισβήτηση των βασικών παραδοχών του κυρίαρχου παραδείγματος και στη διαμόρφωση ενός ανταγωνιστικού θεωρητικού πλαισίου, μπορεί να ακολουθήσει επιστημονική επανάσταση και αντικατάσταση του προηγούμενου παραδείγματος από ένα νέο (Kuhn, 1962· Δημητρακόπουλος, 2022).

Με τον τρόπο αυτό, ο Kuhn περιγράφει την επιστημονική εξέλιξη όχι ως μια αποκλειστικά γραμμική διαδικασία συνεχούς συσώρευσης γνώσεων, αλλά ως μια ιστορική διαδικασία στην οποία περίοδοι σχετικής θεωρητικής σταθερότητας εναλλάσσονται, σε ορισμένες περιπτώσεις, με περιόδους κρίσης και ριζικής θεωρητικής αναδιοργάνωσης.

Το πρόβλημα της «συνέχειας» δεν έχει επιλυθεί. Αντίθετα, αποτελεί τη βάση μιας διαμάχης που είναι επίμονη και υπάρχει μέχρι τις μέρες μας.

7. Όψεις της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης στην αρχαιότητα

Στο παρόν κεφάλαιο, το θέατρο του Ασκληπιείου της Επιδαύρου, το Βυζαντινό ρολόι και το Ευπαλίνειο όρυγμα επιλέγονται ως χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογής σύγχρονων μεθοδολογικών προσεγγίσεων. Η μελέτη τους με νέες επιστημονικές μεθόδους επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση της κατασκευής, της λειτουργίας και της πολυπλοκότητάς τους. Η ακουστική ανάλυση του θεάτρου, η μελέτη και η προσπάθεια ανακατασκευής του βυζαντινού ρολογιού και η γεωμετρική και τοπογραφική μελέτη του Ευπαλίνειου ορύγματος δημιουργούν νέες προοπτικές μελέτης και ερμηνείας των επιστημών και της τεχνολογίας στην αρχαιότητα.

7.1. Το θέατρο στο Ασκληπιείο της Επιδαύρου

Το θέατρο στο Ασκληπιείο της Επιδαύρου βρίσκεται κοντά στο χωριό Λυγουριό της Αργολίδας και θεωρείται ένα από τα σημαντικότερα και καλύτερα διατηρημένα αρχαία ελληνικά θέατρα. Πρόκειται για ένα θέατρο της κλασικής εποχής, καθώς άρχισε να χτίζεται γύρω στο 340-330 π.Χ., και σύμφωνα με τον Πausανία, χτίστηκε από τον Πολύκλειτο τον Αργείο. Η κατασκευή του πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Αρχικά, κατασκευάστηκε το κάτω διάζωμα από το κοίλο του θεάτρου, το οποίο είχε χωρητικότητα σχεδόν 8.000 θεατές. Στη συνέχεια, στα μέσα του 2^{ου} αιώνα π.Χ., κατασκευάστηκε και το άνω διάζωμα με χωρητικότητα σχεδόν 6.000 θεατές (Δημητρακόπουλος, 2022).

Το υπαίθριο θέατρο της Επιδαύρου αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα της υψηλού επιπέδου τεχνικής και αρχιτεκτονικής γνώσης που αναπτύχθηκε στην αρχαιότητα και είναι ιδιαίτερα γνωστό για την πολύ καλή ακουστική του. Ο πρώτος που θαύμασε το συγκεκριμένο θέατρο ήταν ο Ρωμαίος αρχιτέκτονας Βιτρούβιος, 1^{ος} αιώνας π.Χ. Ο Βιτρούβιος θαύμασε τον τρόπο διαρρύθμισης των καθισμάτων, που ήταν τοποθετημένα «σύμφωνα με την επιστήμη της αρμονίας», ώστε οι φωνές των ηθοποιών και του χορού να ακούγονται καθαρότερα. Αναλύοντας τα αρχιτεκτονικά σχέδια του θεάτρου της Επιδαύρου, σε συνδυασμό με τις υπάρχουσες γνώσεις που αφορούν τη διάδοση του ήχου, προκύπτει ότι ο σχεδιασμός του ήταν εξαιρετικά προσεκτικός (Papadopoulos et al., 2011).



Εικόνα 1: Το θέατρο του Ασκληπιείου της Επιδαύρου σήμερα

Η κατανόηση της άριστης ακουστικής που παρουσιάζει το θέατρο της Επιδαύρου έχει επιδιωχθεί με την διεξαγωγή διαφόρων διεπιστημονικών ερευνών. Τα αποτελέσματα είναι αποκαλυπτικά. Η τοποθεσία κατασκευής του θεάτρου, η γεωμετρία του σχεδίου, η αρμονία των αναλογιών των επιμέρους τμημάτων του και τα υλικά κατασκευής είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που συμβάλλουν στην τέλεια ακουστικότητά του.

7.1.1. Η τοποθεσία του θεάτρου

Το αρχαίο θέατρο της Επιδαύρου βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή της σημερινής πόλης του Λυγουριού, στο νομό Αργολίδας της Πελοποννήσου. Ήταν χτισμένο στη δυτική πλαγιά του Κυνόρτιου όρους και αποτελούσε τμήμα του Ασκληπιείου της Επιδαύρου. Επρόκειτο για έναν χώρο αφιερωμένο στη λατρεία του Ασκληπιού, θεού της ιατρικής, αλλά και για διάσημο θεραπευτήριο του αρχαίου κόσμου. Το θέατρο κατασκευάστηκε για τη διεξαγωγή αγώνων και θεατρικών παραστάσεων, έχοντας ως στόχο την ψυχαγωγία των αρρώστων που επισκέπτονταν το ιερό για να θεραπευτούν (Μικεδάκη, 2015·Pantazis, 2017).

Πιθανότατα, η θέση κατασκευής του υπαίθριου θεάτρου μέσα στην κοιλάδα να είχε επιλεγεί προκειμένου αυτό να προστατεύεται από εξωτερικούς θορύβους και να προσφέρει τις ιδανικές περιβαλλοντικές συνθήκες για την μετάδοση του ήχου της φωνής. Ακόμη και σήμερα, το θέατρο έχει παραμείνει προστατευμένο από τέτοιες παρεμβολές. Επιπλέον, η απουσία εμποδίων, όπως κτήρια και γκρεμοί, επέτρεψε την κατασκευή ενός συμμετρικού θεάτρου. Αυτή η συμμετρία του ενίσχυσε την καλή ακουστικότητά του (Ελληνικό Ινστιτούτο Ακουστικής, 2011· Kaleris et al., 2023).

7.1.2. Η γεωμετρία του σχεδίου

Στηριζόμενοι στην αρχιτεκτονική κάτοψη του θεάτρου, διαπιστώνουμε ότι επρόκειτο για ένα καθαρά ελληνιστικό θέατρο που ακολουθούσε το πρότυπο του 4^{ου} αιώνα π.Χ. Διέθετε τα τρία κύρια μέρη ενός αρχαίου θεάτρου, δηλαδή, την ορχήστρα, το κοίλο και τη σκηνή. Η ορχήστρα ήταν ο κατεξοχήν σκηνικός χώρος, το κοίλο ήταν ο χώρος των θεατών και η σκηνή ήταν το σκηνικό οικοδόμημα. Τέλος, τα θυρώματα που υπήρχαν στις παρόδους συνέδεαν αυτά τα μέρη του θεάτρου σε έναν ενιαίο θεατρικό χώρο (Μικεδάκη, 2017-2018).



Εικόνα 2: Υποθετική γραφική αναπαράσταση του θεάτρου του Ασκληπιείου της Επιδαύρου

Στο κέντρο του αρχιτεκτονικού σχεδίου βρισκόταν η ορχήστρα, η οποία ήταν απόλυτα κυκλική, είχε διάμετρο 20 μέτρα περίπου, το δάπεδό της ήταν από πατημένο χώμα και η περίμετρος της περιφέρειας είχε οριστεί με μια ζώνη ασβεστολιθικών πλακών πλάτους 0,38 μέτρα, ομοίως και η μαρμαρίνη βάση της θυμέλης στο κέντρο της ορχήστρας. Επίσης, υπήρχε αγωγός που απομάκρυνε τα νερά της βροχής που έρρεαν από το κοίλο (Μπάρκας, 1992).

Το κοίλο ήταν προσαρμοσμένο άριστα στην φυσική κοιλότητα του όρους Κυνόρτιο, καθώς ήταν βυθισμένο σε αυτήν με μια κλίση 26 μοιρών (Μπάρκας, 1992). Ήταν στρογγυλό, με διάμετρο 116 μέτρα και χωριζόταν σε δύο άνισα διαζώματα από μια οριζόντια δίοδο. Το άνω διάζωμα διέθετε 23 κλιμακοστάσια που το χώριζαν σε 22 κερκίδες, με 21 σειρές εδωλίων η καθεμία (Μικεδάκη, 2015). Το κάτω διάζωμα διέθετε 13 κλιμακοστάσια που το χώριζαν σε 12 κερκίδες, με 34 σειρές εδωλίων η καθεμία (Μπάρκας, 1992). Με εξαίρεση τις δύο κερκίδες στα άκρα του άνω διαζώματος, οι υπόλοιπες παρουσίαζαν αντιστοιχία των δύο μερών. Έτσι, κάθε κερκίδα του κάτω διαζώματος αντιστοιχούσε σε δύο κερκίδες του άνω διαζώματος. Επίσης, υπήρχε διάδρομος πάνω από το άνω διάζωμα που περιβαλλόταν από έναν αναλημματικό τοίχο. Στα άκρα αυτού του τοίχου υπήρχαν δύο θύρες που κατέληγαν σε δύο κτίσματα με βοηθητικό ρόλο (Μικεδάκη, 2015· Kaleris et al., 2023).

Το σκηνικό οικοδόμημα του θεάτρου είναι το λιγότερο γνωστό καθώς έχουν διασωθεί τμήματα μόνο του κάτω ορόφου. Η ανασύσταση της μορφής του και της λειτουργίας του είναι αποτέλεσμα διεπιστημονικής προσέγγισης, η οποία στηρίχθηκε στη συνδυαστική αξιοποίηση των αρχαιολογικών καταλοίπων, των αρχιτεκτονικών δεδομένων, των διαθέσιμων ιστορικών και βιβλιογραφικών πηγών καθώς και της συγκριτικής μελέτης άλλων θεάτρων της ίδιας εποχής (Μικεδάκη, 2017-2018).

Σύμφωνα με την αναπαράσταση του σκηνικού οικοδομήματος, δεν θα πρέπει να θεωρηθεί ένα απλό βοηθητικό κτίσμα. Αντίθετα, φαίνεται ότι αποτελούσε βασικό τμήμα του αρχιτεκτονικού σχεδίου και διαδραμάτιζε σημαντικό ρόλο στην διεξαγωγή μιας θεατρικής παράστασης. Πιο αναλυτικά, ο κάτω όροφος ήταν μια ορθογώνια αίθουσα με μήκος 20 μέτρα περίπου, η οποία στα άκρα της είχε δύο τετράγωνα δωμάτια, μικρότερου μεγέθους, τα οποία μάλλον είχαν βοηθητικό ρόλο. Η κεντρική αίθουσα διέθετε έναν εμπρόσθιο τοίχο με τρεις θύρες και έναν οπίσθιο τοίχο με μια κεντρική πύλη ή ένα στυλοβάτη με δέκα πεσσούς. Το ξύλινο δάπεδο του πάνω ορόφου στηριζόταν σε μια σειρά τεσσάρων πεσσών που βρίσκονταν στον οριζόντιο άξονα της κεντρικής αίθουσας. Το χαρακτηριστικότερο γνώρισμα της θεατρικής σκηνής της ελληνιστικής περιόδου ήταν το *προσκήνιο*. Βρισκόταν μπροστά από τον κάτω όροφο της σκηνής, προς την ορχήστρα. Ουσιαστικά, ήταν μια στέγη από ξύλινες σανίδες, τοποθετημένες σε ξύλινους δοκούς. Η αρχιτεκτονική πρόσοψη του προσκηνίου αναβαθμιζόταν αισθητικά με την παρουσία δυο πλευρικών πτερύγων που ήταν ελαφρώς προεξέχουσες. Τέλος, το άνοιγμα του προσκηνίου έκλεινε με δίφυλλη θύρα, σημαντική για τη σκηνοθεσία. Για την πρόσβαση στο προσκήνιο, αλλά και στον πάνω όροφο της σκηνής, υπήρχαν κεκλιμένα επίπεδα (αναβαθμίδες), συμμετρικά τοποθετημένα εκατέρωθεν του προσκηνίου. Στην πρόσοψη του πάνω ορόφου υπήρχαν τρία ή πέντε ανοίγματα (Μικεδάκη, 2017-2018· Kaleris et al., 2023).

Το θέατρο βρισκόταν σε μια ήσυχη περιοχή. Ακόμα και σήμερα, ο περιβάλλοντας χώρος χαρακτηρίζεται από χαμηλό θόρυβο. Ο σχεδιασμός του ήταν ο καταλληλότερος, καθώς η ορχήστρα εγκλωβιζόταν μερικώς από το κοίλο και παρουσίαζε τρία κέντρα καμπυλών. Έτσι, κάθε παραγόμενος ήχος στην ορχήστρα δημιουργούσε ανακλώμενα και διαχεόμενα ηχητικά

κύματα. Αρχικά, προέρχονταν από το χώρο της ορχήστρας και ακολούθως από τις ανακλάσεις στις σκληρές επιφάνειες της κορυφής και της πλάτης ορισμένων ασβεστολιθικών εδωλίων στις γειτονικές σειρές της θέσης του ακροατή (Cheirchanteri, 2018).

Αναμφίβολα, η γεωμετρική οργάνωση του θεάτρου είχε και πρακτική λειτουργία. Η μεγάλη ανάπτυξη του κοίλου γύρω από την ορχήστρα εξασφάλιζε οπτική επαφή των θεατών με την ορχήστρα. Επιπρόσθετα, η κανονικότητα των κερκίδων και των διαδρόμων διευκόλυνε την κυκλοφορία και την κατανομή των θεατών. Ωστόσο, φαίνεται ότι εν λόγω γεωμετρική οργάνωση του κοίλου επηρέαζε και τη διάδοση του ήχου, καθώς οι σειρές των εδωλίων αποτελούσαν μια περιοδική επιφάνεια (Declercq & Dekeyser, 2007).

Το συγκεκριμένο στοιχείο είναι σημαντικό για την κατανόηση της εξαιρετικής ακουστικής που παρουσιάζει το θέατρο της Επιδαύρου. Οι Declercq και Dekeyser έδειξαν ότι οι σειρές των καθισμάτων δεν είναι απλώς επιφάνειες πάνω στις οποίες ανακλάται ή διαχέεται ο ήχος. Η περιοδική μορφή τους δημιουργεί φαινόμενα περίθλασης και επιδρά στη μετάδοση συγκεκριμένων συχνοτήτων. Έτσι, οι σειρές των εδωλίων μπορούν να λειτουργούν ως ένα είδος ακουστικού φίλτρου (Declercq & Dekeyser, 2007).

7.1.3. Το υλικό κατασκευής

Στον χώρο των θεατών, δηλαδή στο κοίλο, υπήρχαν λίθινα εδώλια τοποθετημένα σε διαδοχικές σειρές, σε σχήμα μεγαλύτερου του ημικυκλίου. Η χωρητικότητα του θεάτρου ήταν γύρω στις 13.000-14.000 (Moretti, 2004). Τα καθίσματα ήταν κατασκευασμένα από ασβεστόλιθο της περιοχής και είχαν σχήμα σφήνας (Cheirchanteri, 2018). Τα εδώλια του κάτω διαζώματος ήταν τοποθετημένα σε σειρές, σε σχήμα ευρύτερο του ημικυκλίου και το κοίλο παρουσίαζε πεταλόσχημη μορφή (Μικεδάκη, 2015).

Εκτός από τα εδώλια υπήρχαν και οι προεδρίες. Οι προεδρίες εντοπίζονταν στην πρώτη και στην τελευταία σειρά του κάτω διαζώματος καθώς και στην πρώτη σειρά του άνω διαζώματος. Αυτές οι θέσεις έμοιαζαν με ανάκλιντρο και όχι με ξεχωριστά καθίσματα και χρησιμοποιούνταν από τιμώμενα πρόσωπα, λόγω χορηγιών τους (Μικεδάκη, 2015). Η άνω προεδρία είχε τη μορφή ανάκλιντρου με πλάτη και διέθετε περισσότερα λίθινα τμήματα, συγκριτικά με την κάτω προεδρία. Υπήρχαν διάδρομοι από πλάκες ασβεστόλιθου και υποπόδια για τους θεατές. Μεσαίες κλίμακες, ανάμεσα στις κερκίδες, επέτρεπαν την είσοδο στην άνω προεδρία. Ουσιαστικά, οι δημιουργούμενες ακτινωτές κλίμακες προσφέρουν στο θεατρικό οικοδόμημα μια δυναμική μορφή (Γεωργουσόπουλος & Γώγος, 2004).

Το υπαίθριο θέατρο του Ασκληπιείου της Επιδαύρου ξεχωρίζει για την εξαιρετική ακουστική του, καθώς η οποιαδήποτε λέξη είναι εφικτό να ακουστεί έως και τις τελευταίες σειρές που βρίσκονται 60 μέτρα μακριά. Η άριστη ακουστική του δεν ήταν θέμα τύχης αλλά αποτέλεσμα προσεκτικής επιλογής της θέσης κατασκευής του, της πρώτης ύλης και πρωτίστως του εξαιρετικού σχεδιασμού του.

7.1.4. Η αρμονία των αναλογιών των επιμέρους τμημάτων του θεάτρου

Η εκπληκτική ακουστική του θεάτρου οφειλόταν στην άριστη απόδοση των ήχων, η οποία εξασφαλίστηκε από τον ακριβή σχεδιασμό και την αρμονία που χαρακτήριζε όλα τα μέρη του. Το κοίλο του θεάτρου παρουσίαζε τέλειες μαθηματικές αναλογίες, οι οποίες σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές, εξασφάλιζαν την τέλεια ακουστική (Δημητρακόπουλος, 2022).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο αριθμός των σειρών εδωλίων στα δύο διαζώματα του κοίλου. Συγκεκριμένα, υπήρχαν 34 σειρές εδωλίων στο κάτω διάζωμα και 21 σειρές εδωλίων στο άνω διάζωμα, δίνοντας άθροισμά τον αριθμό 55. Όμως, οι αριθμοί 21, 34 και 55 αποτελούν διαδοχικούς όρους της ακολουθίας Fibonacci. Παράλληλα, στη γεωμετρική διάταξη του κοίλου του θεάτρου έχουν επισημανθεί αναλογίες που προσεγγίζουν τη χρυσή τομή (αριθμός φ). Πιο αναλυτικά,

- Η αναλογία των σειρών εδωλίων των δύο διαζωμάτων του θεάτρου ήταν $21/34=0,618=\varphi$.
- Η αναλογία των σειρών εδωλίων του κάτω διαζώματος προς τον συνολικό αριθμό όλων των σειρών εδωλίων του θεάτρου ήταν $34/55=0,618 = \varphi$.

Ο αριθμός φ αντιμετωπίζεται ως ο αριθμός της ομορφιάς και της αρμονίας και θεωρείται πολύ σημαντικός. Ωστόσο, ο αριθμός των σειρών εδωλίων στα δύο διαζώματα του θεάτρου είναι ένα αριθμητικό δεδομένο και όχι απόδειξη εφαρμογής της χρυσής τομής στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του θεάτρου.

7.2. Το Βυζαντινό ηλιακό ρολόι-ημερολόγιο του 5^{ου} αιώνα

Το Βυζαντινό ηλιακό ρολόι – ημερολόγιο του 5^{ου} αιώνα είναι ένας μηχανισμός με γρανάζια που βρίσκεται στο Μουσείο Επιστημών του Λονδίνου. Πρόκειται για ένα εύρημα τεσσάρων θραυσμάτων που δεν αποκαλύφθηκε σε κάποια οργανωμένη αρχαιολογική ανασκαφή αλλά στην διεθνή αγορά αρχαιοτήτων. Όταν αγοράστηκε από το μουσείο, το 1983, είχε την εικόνα ενός παλιού μεταλλικού δίσκου με έντονα σημάδια οξείδωσης. Το εσωτερικό του δεν μπορούσε να διερευνηθεί καθώς τα κινητά του μέρη ήταν εν μέρει κολλημένα (Λάζος, 1994).

Η αρχική εκτίμηση έκανε λόγο για ένα φορητό ηλιακό ρολόι, πιθανότατα της ρωμαϊκής ή της βυζαντινής περιόδου. Ωστόσο, κάποια εξωτερικά στοιχεία, όπως οι δυσανάγνωστες επιγραφές και οι περίεργοι τρόποι διάταξης των αξόνων «τάιζαν» την περιέργεια των ερευνητών. Η πραγματική «αποκάλυψη» του μηχανισμού ξεκίνησε όταν οι J.V. Field και M.T. Wright, οι επιμελητές του τμήματος Μηχανικής και Οργάνων, ανέλαβαν τη μελέτη του εφαρμόζοντας μη καταστρεπτικές μεθόδους. Οι ακτινογραφίες που πραγματοποιήθηκαν αποκάλυψαν κάτι απρόσμενο: στο εσωτερικό του μηχανισμού υπήρχε ένα σύμπλεγμα από τέσσερις οδοντωτούς τροχούς (γρανάζια) (Field & Wright, 1985).

Λόγω της άγνωστης διαδρομής που ακολούθησε μέχρι να φτάσει στο μουσείο, η ταυτοποίηση του συγκεκριμένου μηχανισμού στηρίχθηκε σε σύγχρονες διεπιστημονικές προσεγγίσεις. Ο προσδιορισμός της χημικής του σύστασης, η μελέτη των μικρογραφικών του διαστάσεων, η χρονολόγησή του και η ανάλυση του πλήθους των ελληνικών επιγραφών που εντοπίζονται στην επιφάνειά του αποκάλυψαν πολλές πληροφορίες για την ταυτότητά του.

Όσον αφορά την μεταλλουργική σύσταση του συγκεκριμένου μηχανισμού, οι χημικές αναλύσεις έδειξαν ότι όλα τα τμήματά του ήταν κατασκευασμένα από ορείχαλκο, ένα κράμα χαλκού και ψευδαργύρου. Η ποσότητα του ψευδαργύρου ήταν 13% -18% και επιπλέον υπήρχαν ίχνη σιδήρου και μολύβδου. Η επιλογή του ορείχαλκου δεν ήταν τυχαία διότι προσφέρει μεγάλη αντοχή στη διάβρωση και επιτρέπει λεπτομερείς χαράξεις (Λάζος, 1994).

Όσον αφορά τις διαστάσεις, το βυζαντινό ηλιακό ρολόι-ημερολόγιο ήταν ένα εξαιρετικά μικρό φορητό όργανο. Συγκεκριμένα, το σωζόμενο γρανάζι φάσεων της σελήνης προσεγγίζει τα 60 χιλιοστά και το συνολικό ύψος, συμπεριλαμβανομένου και του κρίκου ανάρτησης, προσεγγίζει τα 135 χιλιοστά. Καθώς ο μηχανισμός διαθέτει τέσσερα συνεργαζόμενα γρανάζια

και πολλές κλίμακες ενδείξεων η σμίκρυνση του θεωρείται τεχνολογικός άθλος. Ταυτόχρονα, ο κατασκευαστής του πέτυχε τη χάραξη οδοντωτών τροχών διαμέτρου λίγων εκατοστών και τη χάραξη ευανάγνωστων γραμμάτων ύψους 1-2 χιλιοστών. Τα εν λόγω χαρακτηριστικά του καθιστούν αναπόφευκτη του σύγκρισή του με τα σύγχρονα ρολόγια τσέπης (Κοτσανάς, 2013).

Παράλληλα, η χρονολόγηση του Βυζαντινού ηλιακού ρολογιού-ημερολογίου στηρίχθηκε τόσο στη μορφή των γραμμάτων των επιγραφών που έφερε στην επιφάνειά του όσο και στην λειτουργία του, αυτή καθεαυτή. Σύμφωνα με τον Λάζο (1994), η μορφή των γραμμάτων είναι χαρακτηριστική της πρωτοβυζαντινής γραφής που χρησιμοποιούσαν σε επίσημα έγγραφα και σε μνημεία. Σχετικά με τη λειτουργία του μηχανισμού, φαίνεται ότι ήταν σχεδιασμένο με συγκεκριμένες αστρολογικές παραμέτρους. Η θέση των ημερομηνιών, σε συνάρτηση με την είσοδο του Ήλιου στα ζώδια, αντικατοπτρίζει την εικόνα του ουρανού όπως ήταν γύρω στο 500 μ.Χ. (Κοτσανάς, 2013·Λάζος, 1994).

Τέλος, το σώμα του ημερολογίου ήταν καλυμμένο με πλήθος ελληνικών επιγραφών. Οι επιγραφές μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες:

1. Γεωγραφικές ενδείξεις: Πρόκειται για τα ονόματα 16 πόλεων ή τοποθεσιών, τα οποία συνοδεύονται από αριθμούς που υποδεικνύουν το γεωγραφικό τους πλάτος.
2. Ημερολογιακές και αστρονομικές ενδείξεις: Πρόκειται για τα ονόματα των ζωδίων και των ρωμαϊκών μηνών στα ελληνικά.
3. Το σύστημα αρίθμησης: Δεν πρόκειται για το αραβικό σύστημα αρίθμησης (1,2,3...) αλλά για το ελληνικό αλφαβητικό σύστημα ή Ιωνικό.

Εν κατακλείδι, η ηλικία του Βυζαντινού ηλιακού ρολογιού-ημερολογίου προσδιορίστηκε διεπιστημονικά. Ωστόσο, ο τύπος κατασκευής του είναι άγνωστος, ακόμα και σήμερα.

Σύμφωνα με τον Λάζο (1994), τα τέσσερα τμήματα που έχουν διασωθεί είναι μια μεγάλη κυκλική επιφάνεια, ένας βραχίονας αναρτήσεως, ένας άξονας με αναστολέα (καστανιά) που διαθέτει επτά λοβούς, ο οποίος στην κάτω πλευρά του φέρει δύο γρανάζια με 7 και 10 δόντια αντίστοιχα και ένας δίσκος με 59 δόντια, ο Σεληνιακός δίσκος, ο οποίος στην κάτω πλευρά του φέρει ένα γρανάζι με 19 δόντια. Η κυκλική επιφάνεια φέρει διαβαθμίσεις που αντιστοιχούν στους μήνες του έτους και χρησίμευαν για υπολογισμούς, με τη χρήση του γνώμονα. Ο γνώμονας ήταν το κινητό μέρος του Βυζαντινού ρολογιού και καθώς έπεφτε η σκιά του πάνω στην κυκλική επιφάνεια του ηλιακού δίσκου επέτρεπε τον προσδιορισμό της ώρας. Ο γνώμονας δεν έχει διασωθεί. Όσον αφορά τον βραχίονα αναρτήσεως, πιθανότατα, βρισκόταν στην πίσω πλευρά του δίσκου. Η περιστροφή του γύρω από τον δίσκο γινόταν με μια περόνη, η οποία δεν έχει διασωθεί. Καθώς ο δείκτης του βραχίονα κινείτο στην περιφέρεια του δίσκου, πάνω από τις ενδείξεις της κλίμακας του τεταρτοκυκλίου, έδινε σημαντικές πληροφορίες (Κοτσανάς, 2013).

Το στοιχείο που διαφοροποιεί το Βυζαντινό ρολόι από τα υπόλοιπα γνωστά ηλιακά ρολόγια είναι μια άλλη οπή που εντοπίζεται στην περιφέρεια του μεγάλου δίσκου. Γύρω από αυτήν βρίσκεται ένας δακτύλιος που φέρει επτά κεφαλές θεοτήτων, οι οποίες αντιστοιχούν στις ημέρες της εβδομάδας. Συγκεκριμένα, ο Ήλιος για την Κυριακή, η Σελήνη για τη Δευτέρα, ο Άρης για την Τρίτη, ο Ερμής για την Τετάρτη, ο Δίας για την Πέμπτη, η Αφροδίτη για την Παρασκευή και τέλος ο Κρόνος για το Σάββατο. Μέρος αυτής της οπής ήταν ο άξονας που φέρει τον αναστολέα με τους επτά λοβούς, καθώς και τα δύο γρανάζια που έφεραν 7 και 10 δόντια (Λάζος, 1994).

Ο δίσκος που έφερε τα 59 δόντια βρισκόταν εξωτερικά σαν να ήταν Σεληνιακός δίσκος και ήταν σχεδιασμένος να περιστρέφεται σε 59 ημέρες. Αυτό ήταν το αποτέλεσμα της συμπλοκής του κάθε δοντιού του με το δόντι του τροχού που έφερε τα επτά δόντια. Γίνεται κατανοητό ότι όλα τα παραπάνω μπορούν να γίνουν επειδή στην πίσω πλευρά του Σεληνιακού δίσκου υπήρχαν τα δύο γρανάζια με τα 7 και 10 δόντια. Όλο το σύστημα των τροχών, κατευθυνόμενο από το γρανάζι των 19 δοντιών, έδειχνε τη θέση του Ήλιου στο Ζωδιακό διότι έδινε μια περίοδο περιστροφής ενός έτους. Επίσης, το 10δόντο γρανάζι φαίνεται να κινούσε έναν δίσκο που φανέρωνε τη θέση της Σελήνης στο Ζωδιακό (Λάζος, 1994).

Συμπερασματικά, ο συγκεκριμένος μηχανισμός ήταν ένα πολυσύνθετο όργανο που χρησίμευε και ως φορητό ηλιακό ρολόι και ως υπολογιστική αστρονομική συσκευή. Ο προσδιορισμός της ώρας στηριζόταν στην κίνηση του γνώμονα. Μάλιστα πιθανολογείται ότι επέτρεπε και τον προσδιορισμό της ώρας καθ' όλη τη διάρκεια της νύχτας, καθότι «γνώριζε» το χρόνο της Σελήνης, τη θέση της Σελήνης στο Ζωδιακό και την ημερομηνία που ο Ήλιος θα βρισκόταν στη θέση αυτή (Λάζος, 1994). Σχετικά με τις ημερολογιακές και αστρολογικές χρήσεις του εμπλέκονται τα δύο κινητά στοιχεία του μηχανισμού. Συγκεκριμένα, το πρώτο κινητό στοιχείο ήταν ο μικρός οδοντωτός τροχός που έφερε τα 7 δόντια και φαίνεται ότι έδειχνε την ημέρα της εβδομάδας. Το άλλο κινητό μέρος ήταν ο οδοντωτός τροχός που έφερε τα 59 δόντια. Περιστρεφόμενος έδινε την ηλικία της Σελήνης, και μια αναπαράσταση της φάσης της Σελήνης (Wright, 2005).



Εικόνα 3: Λειτουργική ανακατασκευή του Βυζαντινού ηλιακού ρολογιού-ημερολογίου από τον M. T. Wright

Στα πλαίσια των σύγχρονων επιστημονικών προσεγγίσεων, κατασκευάστηκε μηχανικό μοντέλο του Βυζαντινού ρολογιού-ημερολογίου. Η ανακατασκευή αυτού του πολυσύνθετου οργάνου πραγματοποιήθηκε το 1985 από τον μηχανικό M.T.Wright. Καθώς έχουν διασωθεί μόνο τέσσερα τμήματα του μηχανισμού, ο M.T.Wright στηρίχθηκε στα σωζόμενα εξαρτήματα, στη μελέτη των J.V.Field και M.T.Wright και σε μια μεταγενέστερη πραγματεία του επιστήμονα και λόγιου Al-Biruni που είχε τίτλο *Πλήρες Βιβλίο των Δυνατοτήτων και των Πιθανών Μεθόδων για την Κατασκευή του Αστρολάβου* (Wright, 2005).

7.3. Το Ευπαλίνειο όρυγμα

Το Ευπαλίνειο όρυγμα κατασκευάστηκε στη Σάμο, στα μέσα του 6^{ου} αιώνα π.Χ., επιδιώκοντας την μεταφορά νερού από μια μεγάλη πηγή στην αρχαία πόλη που βρισκόταν στη σημερινή θέση του Πυθαγορείου. Αρχιτέκτονας ήταν ο Ευπαλίνος από τα Μέγαρα, ένας από τους σπουδαιότερους μηχανικούς της αρχαιότητας (Δημητρακόπουλος, 2022).

Το Ευπαλίνειο όρυγμα ήταν μια σήραγγα υδραγωγείου αποτελούμενη από τρία τμήματα. Το πρώτο τμήμα ήταν ένας αγωγός που είχε μήκος 890 μέτρα. Ξεκινούσε από την πηγή που εντοπιζόταν στο βουνό, βόρεια του Πυθαγορείου, και κατέληγε στους πρόποδες του βουνού της ακρόπολης. Το τμήμα αυτό διέθετε ένα υπόγειο κανάλι, για να είναι ασφαλές, και ακολουθούσε την τοπογραφία της περιοχής, δηλαδή φαίνεται να ακολουθούσε τις ισοϋψείς καμπύλες του όρους. Το δεύτερο τμήμα ήταν του υπόψη ορύγματος. Τέλος, το τρίτο τμήμα ήταν και πάλι ένα υπόγειο κανάλι. Αυτό ξεκινούσε από την απόληξη του αγωγού του πρώτου τμήματος, από την έξοδό του από το όρυγμα στη νότια πλευρά του βουνού, και κατέληγε στο κέντρο της αρχαίας πόλης. Είχε κατασκευαστεί παράλληλα προς την πλαγιά του βουνού και υπήρχαν βοηθητικά ενδιάμεσα φρεάτια (Kienast, 2004·Chiotis, 2024).

Το όρυγμα μέσα στο βουνό ήταν το πιο εντυπωσιακό τμήμα, αφενός για την μελέτη και τον σχεδιασμό και αφετέρου για την κατασκευή του. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι εργασίες διάτρησης του λόφου ξεκίνησαν ταυτόχρονα από τις δύο εισόδους και οι εργάτες συναντήθηκαν περίπου στο μέσον της κατασκευής (420 μέτρα από το νότιο άκρο και 620 από το βόριο άκρο), ακριβώς κάτω από το λεγόμενο «σαμάρι» της κορυφογραμμής. Η επιλογή αυτής της θέσης ήταν συνειδητή. Οι δύο σήραγγες δεν συναντήθηκαν στο ίδιο επίπεδο. Αντίθετα, στον πυθμένα είχαν μια διαφορά 60 εκατοστών και στην κορυφή μια διαφορά 2,5 μέτρων. Επιπλέον, στο σημείο συνάντησης της νότιας σήραγγας με τη βόρεια υπήρχε μια απόκλιση 28 εκατοστών και στο σημείο συνάντησης της βόρειας με τη νότια υπήρχε μια απόκλιση 15 μέτρων σε μήκος και 8,2 μέτρα σε πλάτος. Οι παραπάνω αποκλίσεις δεν ήταν αστοχίες αλλά ακριβής σχεδιασμός για τη συνάντηση των δύο σηράγγων (Δημητρακόπουλος, 2022·Chiotis, 2024).

Η θέση του ορύγματος εντοπίζεται 55 μέτρα πάνω από την θαλάσσια επιφάνεια και 180 μέτρα κάτω από την κορυφή του λόφου, διασχίζοντάς τον σχεδόν σε οριζόντια ευθεία. Το πέτρωμα του βουνού είναι ασβεστόλιθος, δηλαδή σκληρό πέτρωμα. Ωστόσο, σε περιοχές που ο βράχος εμφανίζεται χαλαρός το όρυγμα δεχόταν τμηματικές ενισχύσεις και επένδυση με οικοδομικά υλικά. Η λάξευση του ορύγματος έγινε χωρίς κλίση, με μήκος 1.036 μέτρα και εσωτερικές διαστάσεις περίπου 1,8 μέτρα x 1,8 μέτρα. Εσωτερικά του ορύγματος, στο πλάγιο όριο με το δάπεδο δημιουργήθηκε μια τάφρος βάθους 2 - 9 μέτρων, ακολουθώντας το ανατολικό τοίχωμα, η οποία είχε πλάτος το μισό του ορύγματος. Μέσα σε αυτήν την τάφρο τοποθετήθηκαν πήλيني σωλήνες για τη ροή του νερού. Η βόρεια είσοδος είχε βάθος περίπου

4 μέτρα και η νότια είσοδος περίπου 8,5 μέτρα, οπότε το κανάλι εμφάνιζε μια κλίση της τάξεως του 0,45 %. Οι σωλήνες διέθεταν άνω ανοίγματα, αφενός για τη συντήρησή τους και αφετέρου για τον καθαρισμό του ύδατος. Το Ευπαλίνειο όρυγμα κατασκευάστηκε σε 10 χρόνια περίπου και χρησιμοποιήθηκε μέχρι τον 7^ο αιώνα μ.Χ. (Kienast, 2004· Chiotis, 2024).

Το συγκεκριμένο εγχείρημα υλοποιήθηκε μετά από μελέτη των θέσεων της φυσικής πηγής του νερού και της πόλης που επρόκειτο να υδροδοτήσει, της τοπογραφίας της συγκεκριμένης περιοχής, της προστασίας αλλά και της βιωσιμότητας του υδραγωγείου, των διαθέσιμων τεχνικών δυνατοτήτων και των οικονομικών παραμέτρων, έχοντας ως στόχο την ικανοποιητική παροχή νερού. Τα διαθέσιμα μετρικά όργανα είναι άγνωστα. Ωστόσο, το κριτήριο της χάραξης πρέπει να ήταν η εξασφάλιση της μεγαλύτερης ομαλότητας στο έδαφος και η ελεύθερη ορατότητα για τις απαραίτητες μετρήσεις. Κομβικής σημασίας ήταν η επιλογή του σημείου, πάνω στη ράχη του βουνού με την ομαλότερη επιφάνεια εδάφους, που θα επέτρεπε τον έλεγχο της ευθυγραμμίας και προς τις δύο μεριές. Ακολούθως, αυτή η ευθυγραμμία θα μεταφερόταν στο εσωτερικό του λόφου. Ακριβώς κάτω από το συγκεκριμένο σημείο του βουνού συναντήθηκαν οι δύο σήραγγες που έρχονταν από τις δύο αντίθετες μεριές. Άλλη δυσκολία της κατασκευής ήταν και ο καθορισμός της στάθμης που έπρεπε να έχουν τα δύο στόμια. Τελικά, οι στάθμες προσδιορίστηκαν με τρομερή ακρίβεια. Ουσιαστικά, βρίσκονταν στο ίδιο επίπεδο, καθώς είχαν μια ελάχιστη διαφορά 4 εκατοστών (Δημητρακόπουλος, 2022).

Ακόμα και σήμερα, το Ευπαλίνειο όρυγμα θεωρείται θαυμαστό αρχιτεκτονικό έργο, λόγω της τελειότητας της κατασκευής του. Το συγκεκριμένου έργο προϋπέθετε την κατοχή υψηλών μαθηματικών και τοπογραφικών γνώσεων, την εφαρμογή ανεπτυγμένων τεχνικών αποτύπωσης και χάραξης, τη χρήση κατάλληλων οργάνων, την οξυδέρκεια και την ευελιξία ώστε να αντιμετωπιστούν τυχόν προβλήματα (Kienast, 2004).

8. Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων

Το παρόν κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στον Μηχανισμό των Αντικυθήρων. Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων κατέχει ιδιαίτερη θέση στη μελέτη της επιστήμης και της τεχνολογίας της αρχαιότητας, καθώς αποτελεί ένα σύνθετο μηχανικό σύστημα στο οποίο συνυπάρχουν και αλληλοσυνδέονται μαθηματικές, αστρονομικές και τεχνικές γνώσεις. Η διερεύνησή του έχει αποκτήσει νέα διάσταση μέσα από την εφαρμογή σύγχρονων μεθοδολογικών και διεπιστημονικών προσεγγίσεων, οι οποίες αξιοποιούν διαφορετικές μορφές τεκμηρίων και σύγχρονες τεχνικές ανάλυσης για την προσέγγιση της δομής, της λειτουργίας και της χρήσης του. Η συμβολή της αρχαιολογίας, της ιστορίας της επιστήμης, της αστρονομίας, των μαθηματικών και της μηχανικής επιτρέπει την προσέγγιση του μηχανισμού από διαφορετικές οπτικές και τη σύνθεση μιας πληρέστερης εικόνας για τις γνώσεις και τις τεχνικές δυνατότητες που ενσωματώνει. Υπό αυτή την οπτική, ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων δεν αποτελεί μόνο ένα εξαιρετικό κατάλοιπο της αρχαίας τεχνολογίας, αλλά και ένα πεδίο στο οποίο οι σύγχρονες διεπιστημονικές προσεγγίσεις συμβάλλουν στην αναθεώρηση και εμβάθυνση της κατανόησής μας για την επιστημονική και τεχνολογική σκέψη της αρχαιότητας.

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων ανευρέθηκε εντελώς τυχαία το 1900 από Συμιακούς σφουγγαράδες που είχαν ξεκινήσει από τη Σύμη και είχαν βάλει πλώρη για τη Μπαρμπαριά της Τυνησίας για αλίευση σπόγγων. Όμως, λόγω σφοδρής θαλασσοταραχής αναγκάστηκαν

να αγκυροβολήσουν στο μικρό νησί των Αντικυθήρων, Β.Α. στην περιοχή «Πινακάκια» (Seiradaki&Edmunds, 2018). Ο δύτης Ηλίας Λυκοπάντης βούτηξε και σε βάθος 42 μέτρων εντόπισε ένα ναυάγιο με πολυάριθμα αγάλματα, αμφορείς και άλλες αρχαιότητες. Ένα από τα ευρήματα που ανέλκυσαν ήταν και ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων, ο οποίος ήταν τεμαχισμένος και διαβρωμένος (Λάζος, 1994). Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων είναι ένα από τα σπουδαιότερα τεχνολογικά επιτεύγματα της αρχαιότητας και η κατασκευή του αποδίδεται σε Έλληνες επιστήμονες, στηριζόμενοι σε γνώσεις μαθηματικών, αστρονομίας, φυσικής, μηχανικής και μεταλλουργίας (Seiradaki&Edmunds, 2018). Χρονολογείται γύρω στο 80 π.Χ. Όμως, κάποιες μελέτες τον χρονολογούν κάποιες δεκαετίες νωρίτερα. Το υλικό κατασκευής του είναι κράμα χαλκού (μπρούντζος) και τα 82 θραύσματά του έχουν διαστάσεις 0,06-0,10μ. (Freeth et al., 2006· Voulgaris et al., 2022).

Μετά την ανεύρεση αυτού του μυστηριώδους αντικειμένου, οι επιστήμονες επιχείρησαν τη μελέτη των θραυσμάτων του και κάποιοι το χαρακτήρισαν αστρολάβο, κάποιοι άλλοι όργανο ναυσιπλοΐας, ενώ υπήρχαν και άλλοι που το αντιμετώπισαν ως πλανητάριο (Προσκυνοπούλου, 2012). Εκτός από τους επιφανείς Έλληνες επιστήμονες πολλοί είναι και οι ξένοι ερευνητές που μελέτησαν τον Μηχανισμό των Αντικυθήρων. Μεταξύ αυτών ο Φυσικός, Μαθηματικός και Ιστορικός των Επιστημών Derek De Solla Price που στηρίχτηκε στις ακτινογραφίες με ακτίνες-Χ του Φυσικού Χαράλαμπου Καρακάλου και τον περιέγραψε ως αστρονομικό ημερολόγιο. Ο Price προχώρησε σε δύο δημοσιεύσεις. Η πρώτη έγινε το 1959 με τίτλο: «Ένας Αρχαίος Ελληνικός Υπολογιστής» και η δεύτερη έγινε το 1974 με τίτλο: «Γρανάζια από τους Έλληνες» (Lin, 2025).

Στη συνέχεια, ο Βρετανός μηχανολόγος Michael Wright και ο Αυστραλός φυσικός Allan Bromley συνεργάστηκαν και εξέτασαν ξανά τα θραύσματα του μηχανισμού με τη χρήση γραμμικού Αξονικού Τομογράφου. Τελικά αποφάνθηκαν ότι επρόκειτο για ένα πλανητάριο που μπορούσε να προβλέψει τις κινήσεις του Ήλιου και της Σελήνης και να καταδείξει τις θέσεις των πλανητών (Προσκυνοπούλου, 2012).



Εικόνα 4: Τα 82 θραύσματα του Μηχανισμού των Αντικυθήρων

Από αριστερά προς τα δεξιά, στην 1^η σειρά απεικονίζονται τα θραύσματα Α, Β, C, και D. Στη 2^η σειρά απεικονίζονται τα θραύσματα Ε, F και G.

Το 1902, ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων αναγνωρίστηκε ως μηχανική συσκευή που αποτελείται από γρανάζια και απεικονίζει αστρονομικές και ημερολογιακές πληροφορίες. Ουσιαστικά είναι ένα πολυσύνθετο σύστημα που αποτελείται από τουλάχιστον 30 γρανάζια (οδοντωτοί τροχοί), τα οποία φέρουν επιγραφές που σχετίζονται τόσο με τον ζωδιακό κύκλο όσο και με τους μήνες. Οι οδοντωτοί τροχοί και οι μεταλλικές πλάκες βρίσκονταν στερεωμένοι στο εσωτερικό ενός ξύλινου κουτιού (Σειραδάκης, 2009·Efstathiou et al., 2021).

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων ήταν συναρμολογημένος μέσα σε ξύλινο κιβώτιο (πυξίδα) που είχε ύψος περίπου 32 cm, πλάτος περίπου 16 cm και βάθος περίπου 10 cm (περίπου όσο είναι ένα σημερινό laptop!). Τόσο η μπροστινή όσο και η πίσω επιφάνεια καλύπτονταν από μπρούτζινες πλάκες που έφεραν ημερολογιακές ή αστρονομικές κλίμακες και δείκτες. Αυτές οι δύο επιφάνειες ήταν προστατευμένες με ξύλινα εξωτερικά καλύμματα που έφεραν πυκνογραμμένες πλάκες από μπρούτζο (Σειραδάκης, 2009).



Εικόνα 5: Η πρόσθια και η οπίσθια όψη της λειτουργικής ανακατασκευής του Μηχανισμού των Αντικυθήρων (από αριστερά προς τα δεξιά)

Η μπροστινή επιφάνεια διέθετε δύο ομόκεντρες κυκλικές κλίμακες, εκ των οποίων, η εξωτερική έφερε 365 υποδιαιρέσεις καθώς και τα αιγυπτιακά ονόματα των 12 μηνών με ελληνικούς χαρακτήρες, για παράδειγμα ΘΩΘ, ΦΑΟΦΙ. Η εσωτερική κλίμακα, έφερε 360 υποδιαιρέσεις καθώς και τα ονόματα των 12 ζωδιακών αστερισμών, για παράδειγμα ΚΡΙΟΣ, ΠΑΡΘΕΝΟΣ κ.α. Η πίσω επιφάνεια διέθετε δύο ελικοειδείς σπείρες, μια πάνω και μια κάτω. Η πάνω ελικοειδή σπείρα, έφερε 5 περιελίξεις με το συνολικό της μήκος να διαιρείται σε 235 τμήματα που αντιστοιχούσαν στους 235 μήνες της περιόδου του Μέτωνα. Πάνω σε αυτά τα τμήματα ήταν χαραγμένα τα αρχαία ονόματα των 12 μηνών, επαναλαμβανόμενα προκειμένου να συμπληρωθούν και οι 235 μήνες-τμήματα (19 έτη). Η κάτω ελικοειδή σπείρα, έφερε 4 περιελίξεις με το συνολικό της μήκος να διαιρείται σε 233 τμήματα που αντιστοιχούσαν στους 233 μήνες της περιόδου Σάρως. Οι αρχαίοι Έλληνες γνώριζαν ότι οι εκλείψεις του

Ήλιου και της Σελήνης επαναλαμβάνονταν κάθε 233 μήνες, με τα ίδια χαρακτηριστικά και την ίδια αλληλουχία. Οι μήνες της περιόδου Σάρος που εμφάνιζαν εκλείψεις είχαν τα εγχάρακτα σύμβολα Η, Σ, ΗΜ και ΩΡ. Τέλος, υπήρχαν 2 μικρότερες κυκλικές κλίμακες, μια στον κενό χώρο που υπήρχε εσωτερικά της πάνω ελικοειδούς σπείρας, διαιρεμένη σε τεταρτημόρια και μια στον κενό χώρο που υπήρχε εσωτερικά της κάτω ελικοειδούς σπείρας, διαιρεμένη σε 3 τμήματα των 120° (Σειραδάκης, 2009).

Η χρησιμότητα του Μηχανισμού των Αντικυθήρων δεν είναι απόλυτα γνωστή. Ωστόσο, είναι μια επιτομή της αρχαίας ελληνικής φυσικής φιλοσοφίας διότι μοντελοποιεί το σύμπαν με τη χρήση των μαθηματικών και ακολουθεί το πυθαγόρειο δόγμα ότι η φύση περιγράφεται και τα πάντα καθορίζονται με τους αριθμούς (Moussas, 2014). Επίσης, ως αρχαιολογικό αντικείμενο μαρτυρά και το επίπεδο των αστρονομικών γνώσεων του 150 π.Χ. και το επίπεδο της τεχνολογίας και της μηχανικής εκείνης της εποχής που μας ήταν άγνωστο (Αναστασίου, 2014). Τέλος, η επιστημονική του αξία είναι μοναδική καθώς ο εφευρέτης του ενσωμάτωσε τις σεληνιακές ανωμαλίες του Ίππαρχου (Roumeliotis, 2018) και κατείχε τη γνώση που «ανακαλύφθηκε ξανά» κάποιους αιώνες αργότερα:

- ως ηλιοκεντρική θεωρία που προτάθηκε από τον Niccolo Copernicus, το 1543
- ως παγκόσμιος νόμος της βαρύτητας που διατυπώθηκε από τον Isaac Newton, το 1687
- ως κινηματική των επικυκλικών οδοντωτών τροχών που διατυπώθηκε από τον Robert Willis, το 1841 (Pastore, 2010).

Η μελέτη του συγκεκριμένου αρχαιολογικού ευρήματος έχει τραβήξει πάνω του το ενδιαφέρον ερευνητών α) της αρχαιολογίας, β) της αστρονομίας, γ) της μηχανολογίας, δ) της πληροφορικής και ε) της μουσειολογίας. Συνεπώς, είναι το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα διεπιστημονικής μελέτης της αρχαίας ελληνικής τεχνολογίας. Αυτό αποκαλύπτεται και από το Διεθνές Πρόγραμμα Έρευνας του Μηχανισμού των Αντικυθήρων που οργανώθηκε το 2005 από το Πανεπιστήμιο του Cardiff της Ουαλίας. Επικεφαλής ήταν ο καθηγητής Αστρονομίας Michael Edmunds και τα μέλη της πολυεθνικής Ομάδας Έρευνας που συμμετείχαν ήταν:

1. Πανεπιστήμιο του Cardiff

- Ο καθηγητής Αστρονομίας Michael Mike Edmunds
- Ο Μαθηματικός-Κινηματογραφιστής Tony Freeth

2. Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

- Ο καθηγητής Αστροφυσικής Ξενοφώντας Μουσσάς
- Ο Φυσικός-Ιστορικός Επιστημών Ιωάννης Μπιτσάκης

3. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

- Ο καθηγητής Αστροφυσικής Ιωάννης Σειραδάκης

4. Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο

- Η Χημικός Ελένη Μάγκου
- Η Αρχαιολόγος-Μουσειολόγος Μαρία Ζαφειροπούλου
- Ομάδα συντηρητών με επικεφαλής τον Γεράσιμο Μακρή

5. Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης

- Ο Φιλολόγος-Παλαιογράφος Αγαμέμνων Τσελίκας (Ramsey, 2012).

Τα αποτελέσματα των ερευνών παρουσιάστηκαν το 2006 σε ένα συνέδριο που πραγματοποιήθηκε στην Αθήνα και το 2008 σε δύο άρθρα στο κορυφαίο επιστημονικό περιοδικό *Nature*. Οι έρευνες έδειξαν ότι ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων ήταν ένας υπολογιστής, με την αυστηρή έννοια του όρου. Συγκεκριμένα, υπολόγιζε με πολύ μεγάλη ακρίβεια τη θέση του Ήλιου, τη θέση της Σελήνης και πιθανότατα τη θέση των πλανητών στον ουρανό. Επιπλέον, υπολόγιζε τις σεληνιακές φάσεις και ήταν εφικτό να προβλεφθούν οι εκλείψεις. Τέλος, μπορούσε να προσδιορίσει την ημερομηνία πραγματοποίησης των Στεφανιτών αγώνων, συγκεκριμένα τους Ολυμπιακούς Αγώνες, τα Πύθια στους Δελφούς, τα Νέμεα και τα Νάια στη Δωδώνη (Lin, 2025· Σειραδάκης, 2009).

9. Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία επιχείρησε να προσεγγίσει τις επιστήμες και την τεχνολογία στην αρχαιότητα όχι ως ένα σύνολο μεμονωμένων επιτευγμάτων, αλλά ως ένα σύνθετο και ιστορικά διαμορφωμένο σύστημα παραγωγής, μετάδοσης και αξιοποίησης της γνώσης. Η μελέτη επιμέρους πεδίων, όπως τα μαθηματικά, η αστρονομία, η ιατρική, η στρατιωτική τεχνολογία και η μηχανική, οδήγησε σε ένα βασικό συμπέρασμα: η επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη στην αρχαιότητα δεν υπήρξε ούτε γραμμική ούτε ενιαία, αλλά ήταν το αποτέλεσμα διαρκών αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στη γνώση, την εμπειρία, την τεχνική πρακτική και το κοινωνικό περιβάλλον.

Η αποφυγή του αναχρονισμού δεν σημαίνει ότι η αρχαιότητα πρέπει να μελετάται αποκομμένη από τις δυνατότητες της σύγχρονης επιστήμης. Αντιθέτως, ένα από τα σημαντικότερα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας είναι ότι οι σύγχρονες επιστημονικές και τεχνολογικές μέθοδοι μπορούν να μεταβάλουν ουσιαστικά τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε τα αρχαία τεκμήρια. Η τρισδιάστατη απεικόνιση, η ανάλυση υλικών, η υπολογιστική προσομοίωση, η μαθηματική μοντελοποίηση και η πειραματική αρχαιολογία δημιουργούν δυνατότητες που δεν ήταν διαθέσιμες στις παλαιότερες γενιές ερευνητών.

Η σημασία αυτών των νέων μεθόδων δεν βρίσκεται μόνο στην αποκάλυψη νέων πληροφοριών. Βρίσκεται κυρίως στη δυνατότητα επανελέγχου παλαιότερων ερμηνειών. Ένα αρχαιολογικό εύρημα ή ένα αρχαίο κείμενο δεν αποτελεί απαραίτητα στατικό φορέα μιας και μοναδικής ερμηνείας. Καθώς μεταβάλλονται τα διαθέσιμα ερευνητικά εργαλεία, μπορούν να επανεξεταστούν δεδομένα που θεωρούνταν ήδη γνωστά και να διατυπωθούν νέες υποθέσεις. Έτσι, η ιστορία των επιστημών και της τεχνολογίας αποκτά δυναμικό χαρακτήρα. Συγκεκριμένα, δεν περιορίζεται στην ανασύσταση όσων γνωρίζουμε για το παρελθόν, αλλά περιλαμβάνει και τη συνεχή διαδικασία επανερμηνείας του.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων, η μελέτη του οποίου καταδεικνύει με ιδιαίτερη σαφήνεια τη σημασία της σύγχρονης τεχνολογίας για την ιστορική έρευνα. Η αξιοποίηση προηγμένων τεχνικών απεικόνισης και υπολογιστικής ανάλυσης επέτρεψε την εξέταση στοιχείων που δεν μπορούσαν να γίνουν αντιληπτά με τις παλαιότερες μεθόδους. Το παράδειγμα αυτό δεν αποδεικνύει απλώς την τεχνική ικανότητα των δημιουργών του μηχανισμού. Παράλληλα, αναδεικνύει τη σημασία της μεθοδολογικής ανανέωσης: η νέα γνώση για το παρελθόν μπορεί να προκύψει όχι μόνο από την ανακάλυψη νέων αντικειμένων, αλλά και από τη νέα ανάγνωση των ήδη γνωστών.

Ωστόσο, η αξιοποίηση της σύγχρονης τεχνολογίας στη μελέτη της αρχαιότητας απαιτεί ταυτόχρονα μεθοδολογική αυτοσυγκράτηση. Η δυνατότητα μιας σύγχρονης τεχνικής να

αποκαλύπτει ένα στοιχείο ή να αποδείξει ότι μια συγκεκριμένη κατασκευή είναι τεχνικά εφικτή δεν σημαίνει αυτομάτως ότι αποδεικνύει τον τρόπο με τον οποίο εργάστηκαν οι αρχαίοι. Η διάκριση ανάμεσα στην πειραματική δυνατότητα, την επιστημονική υπόθεση και την ιστορική τεκμηρίωση πρέπει να παραμένει σαφής.

Παράλληλα, το Ευπαλίνειο Όρυγμα και το Θέατρο της Επιδαύρου δεν αποτελούν απλώς μνημεία υψηλής αισθητικής ή ιστορικής αξίας. Αποτελούν υλικά τεκμήρια εφαρμογής γνώσεων γεωμετρίας, μηχανικής, χωρομέτρησης, ακουστικής και κατασκευαστικής τεχνογνωσίας. Η επιστημονική τους μελέτη επιτρέπει να μετατοπιστεί το ερευνητικό ενδιαφέρον από το τελικό αποτέλεσμα προς τις διαδικασίες που απαιτήθηκαν για την επίτευξή του: τον σχεδιασμό, τον υπολογισμό, την επιλογή των υλικών, την οργάνωση της εργασίας και τη χρήση των διαθέσιμων τεχνικών μέσων.

Αυτή η μετατόπιση από το «αντικείμενο» στη «διαδικασία» είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των σύγχρονων προσεγγίσεων στην ιστορία της επιστήμης και της τεχνολογίας. Πλέον, η επιστημονική και τεχνολογική γνώση δεν αντιμετωπίζεται ως ένα σύνολο τελικών προϊόντων. Αντίθετα, εξετάζεται ως πρακτική, ως διαδικασία επίλυσης προβλημάτων και ως μορφή ανθρώπινης δραστηριότητας που πραγματοποιείται μέσα σε συγκεκριμένα κοινωνικά και υλικά περιβάλλοντα.

Στο σημείο αυτό αναδεικνύεται η ευρύτερη σημασία της ιστορίας των επιστημών και της τεχνολογίας. Η ιστορική γνώση δεν αποτελεί απλώς καταγραφή επιτυχιών. Η μελέτη των αποτυχιών, των περιορισμών, των λανθασμένων υποθέσεων, των τεχνολογιών που δεν επικράτησαν και των γνώσεων που χάθηκαν είναι εξίσου σημαντική. Έτσι, η ιστορία μπορεί να ασκήσει κριτικό έλεγχο: βοηθά να κατανοηθεί ότι καμία επιστημονική ή τεχνολογική επιλογή δεν πραγματοποιείται σε κενό και ότι κάθε καινοτομία εντάσσεται σε συγκεκριμένες συνθήκες και έχει συγκεκριμένες συνέπειες.

Η διάσταση αυτή καθιστά τη μελέτη της αρχαιότητας ιδιαίτερα σημαντική για το παρόν. Η σύγχρονη κοινωνία βρίσκεται αντιμέτωπη με τεχνολογικές μεταβολές μεγάλης κλίμακας, οι οποίες δημιουργούν σημαντικές δυνατότητες αλλά και νέους κινδύνους. Η ιστορική μελέτη δεν μπορεί να προβλέψει τις μελλοντικές εξελίξεις, όμως, μπορεί να συμβάλει στην καλλιέργεια μιας περισσότερο κριτικής σχέσης με την έννοια της «προόδου». Η τεχνολογική καινοτομία δεν αποτελεί αυτομάτως κοινωνική πρόοδο, η αξία της εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται, από το ποιοι ωφελούνται από αυτήν, από τις συνέπειες που προκαλεί και από την ικανότητα της κοινωνίας να διαχειριστεί τους κινδύνους της.

Όμως, το σημαντικότερο είναι ότι μια τέτοια προσέγγιση μπορεί να συμβάλει στη διαμόρφωση μιας διαφορετικής αντίληψης για το μέλλον. Η ιστορική γνώση δεν μπορεί να αποτρέψει από μόνη της τα μελλοντικά λάθη. Μπορεί, όμως, να συμβάλει στην αναγνώριση των παραγόντων που ευνοούν τη δημιουργία τους. Η κατανόηση των συνεπειών της λανθασμένης αξιολόγησης μιας τεχνολογίας, της ανεπαρκούς διάχυσης της γνώσης, της απώλειας τεχνογνωσίας ή της αποσύνδεσης της τεχνικής δυνατότητας από τις κοινωνικές ανάγκες μπορεί να ενισχύσει τη σύγχρονη ικανότητα λήψης αποφάσεων.

Επομένως, το τελικό συμπέρασμα της παρούσας εργασίας είναι ότι η κατανόηση της επιστημονικής και τεχνολογικής πορείας της ανθρωπότητας προϋποθέτει τη μελέτη όχι μόνο όσων επιτεύχθηκαν, αλλά και όσων απέτυχαν, περιορίστηκαν, εγκαταλείφθηκαν ή χάθηκαν. Η ιστορία της επιστήμης και της τεχνολογίας αποκτά πραγματική αξία όταν επιτρέπει να κατανοήσουμε τις συνθήκες που διαμορφώνουν την καινοτομία και τις συνέπειες των

τεχνολογικών επιλογών. Η γνώση του παρελθόντος δεν εγγυάται ένα καλύτερο μέλλον, όμως, μπορεί να καταστήσει το παρόν περισσότερο συνειδητό απέναντι στις επιλογές του.

Με αυτή την έννοια, η μελέτη των επιστημών και της τεχνολογίας στην αρχαιότητα αποτελεί όχι μόνο αντικείμενο ιστορικής έρευνας, αλλά και εργαλείο κριτικής σκέψης. Η αξιοποίηση των σύγχρονων επιστημονικών μεθόδων για την επανεξέταση του αρχαίου παρελθόντος και η παράλληλη αξιοποίηση των ιστορικών διδαγμάτων για την κριτική αποτίμηση της σύγχρονης τεχνολογικής πορείας μπορούν να συμβάλουν στη διαμόρφωση μιας περισσότερο τεκμηριωμένης, υπεύθυνης και προνοητικής αντίληψης για την επιστημονική και τεχνολογική ανάπτυξη.

Βιβλιογραφία

- Αναστασίου, Μ. (2014). *Ο μηχανισμός των Αντικυθήρων: Αστρονομία και τεχνολογία στην αρχαία Ελλάδα* [Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης]. Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. <https://doi.org/10.12681/eadd/34553>
- Αργυρόπουλος, Α. (2024). Η χρησιμότητα του Μηχανισμού των Αντικυθήρων. Στο *3ο Διεθνές Συνέδριο Αρχαίας Ελληνικής και Βυζαντινής Τεχνολογίας, Αθήνα 2024: Πρακτικά του 3ου Συνεδρίου*.
- Barbier, F. (2002). *Ιστορία του βιβλίου* (Μ. Παπαηλιάδη Μετάφρ). Μεταίχμιο. (Πρωτότυπη έκδοση 2000).
- Bataille, A. (2003). Παπυρολογία. Στο *Ιστορία και μέθοδοι της: Τόμος Β', τεύχος 2: Μεθοδική αναζήτηση των μαρτυριών – Παραδοσιακές βοηθητικές επιστήμες, γραπτές μαρτυρίες* (Ε. Στεφανάκη, Μετάφρ., σσ. 67–102). Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης.
- Βαμβακάς, Κ. Ι. (2012). *Προσωκρατικοί: Οι θεμελιωτές της δυτικής σκέψης: Ένας διαχρονικός παραλληλισμός μεταξύ προσωκρατικού στοχασμού, φιλοσοφίας και φυσικής επιστήμης* (2η έκδ.). Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Blume, H. (2017). *Εισαγωγή στο αρχαίο θέατρο* (Μ. Ιατρού, Μετάφρ.; 6η ανατύπωση). Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης. (Πρωτότυπη έκδοση 1978).
- Boyer, C. B., & Merzbach, U. C. (1997). *Η ιστορία των μαθηματικών* (Β. Κουσουλάκου, Μετάφρ.; 2η έκδ.). Γ. Α. Πνευματικός. (Πρωτότυπη έκδοση 1968).
- Carr, E. H. (1999). *Τι είναι ιστορία; Σκέψεις για τη θεωρία της ιστορίας και το ρόλο του ιστορικού* (Α. Παππάς, Μετάφρ.). Γνώση. (Πρωτότυπη έκδοση 1961).
- Farrington, B. (1989). *Η επιστήμη στην αρχαία Ελλάδα* (Ν. Ραΐσης, Μετάφρ.). Κάλβος. (Πρωτότυπη έκδοση 1944).
- Γαβρόγλου, Κ. (2013). *Το παρελθόν των επιστημών ως ιστορία* (2η έκδ.). Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Γεωργουσόπουλος, Κ., & Γώγος, Σ. (2004). *Επίδαυρος: Το αρχαίο θέατρο και οι παραστάσεις*. Οργανωτική Επιτροπή Ολυμπιακών Αγώνων ΑΘΗΝΑ 2004.
- Γκουνταρούλη, Ε. (2015). *Η διαμόρφωση της έννοιας της δύναμης στη φυσική φιλοσοφία στην Αγγλία στα μέσα του 17ου αιώνα: Μία διεπιστημονική μελέτη βασισμένη στη σύγκλιση της Ιστορίας των Επιστημών με την Ιστορία των Εννοιών* [Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών]. Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. <https://doi.org/10.12681/eadd/39833>

Δημητρακόπουλος, Ν. Γ. (2022). *Θετικές επιστήμες και τεχνολογία στην αρχαία Ελλάδα: Ένα ταξίδι έντεκα αιώνων στον κόσμο της αρχαίας ελληνικής επιστήμης*. Τόπος.

Ελληνικό Ινστιτούτο Ακουστικής. (2011). *Στοιχεία για την ακουστική του θεάτρου της Επιδαύρου*. https://helina.gr/download.php?fgr=stories%2Fstories_0054_7448_5_gr.pdf

Ζηρογιάννης, Π. Ν., & Βογιατζάκης, Ε. (2017). *Καταγωγή και σχέση της αρχαίας με τη σύγχρονη ιατρική επιστήμη και τέχνη*. Εταιρεία Διάδοσης Ιπποκράτειου Πνεύματος.

Hacking, I. (2002). *Αναπαριστώντας και παρεμβαίνοντας: Εισαγωγικά θέματα στη φιλοσοφία της φυσικής επιστήμης* (Τ. Τσιαντούλας, Μετάφρ.). Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π. (Πρωτότυπη έκδοση 1983).

Heisenberg, W. (1978). *Φυσική και φιλοσοφία* (Δ. Κούρτοβικ, Μετάφρ.). Κάλβος. (Πρωτότυπη έκδοση 1958)

Ιστορικά. (2001, 10 Μαΐου). *Αρχαίοι Έλληνες και θάλασσα* (Τεύχος 82). Ελευθεροτυπία.

Κάλδης, Β. (Επιμ.). (2008). *Οι επιστήμες της φύσης και του ανθρώπου στην Ευρώπη: Κείμενα ιστορίας και φιλοσοφίας των επιστημών*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Κάλφας, Β. (2005). *Φιλοσοφία και επιστήμη στην αρχαία Ελλάδα*. Πόλις.

Κάλφας, Β. (2022). *Η μελέτη του ουρανού: Φιλοσοφία και επιστήμη στην αρχαία Ελλάδα* [Μεταπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <https://doi.org/10.57713/kallipos-138>

Καρασμάνης, Β. (1997). Αρχαία ελληνική τεχνολογία: Μια ερμηνευτική προσέγγιση. Στο Θ. Τάσιος, Ν. Οικονόμου, Γ. Βαρουφάκης, Μ. Κορρές, Π. Φάλαρης, & Ε. Κακαβογιάννη (Επιμ.), *Αρχαία ελληνική τεχνολογία: Πρακτικά Ιου Διεθνούς Συνεδρίου* (σσ. 633–644). Εταιρεία Μακεδονικών Σπουδών.

Katz, V. J. (2013). *Ιστορία των μαθηματικών: Μια εισαγωγή* (Κ. Χατζηκυριάκου, Μετάφρ.). Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης. (Πρωτότυπη έκδοση 1998).

Kienast, H. J. (2004). *Το υδραγωγείο του Ευπαλίνου στη Σάμο*. Υπουργείο Πολιτισμού, Ταμείο Αρχαιολογικών Πόρων και Απαλλοτριώσεων.

Κοτσανάς, Κ. (2013). *Αρχαία ελληνική τεχνολογία: Οι εφευρέσεις των αρχαίων Ελλήνων*. Κοτσανάς.

Κωστόπουλος, Δ. Σ., & Κουφός, Γ. Δ. (2015). *Η εξέλιξη του έμβιου κόσμου: Χορδωτά: Παλαιοντολογία σπονδυλωτών*. Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Κουγέ, Α. (1991). *Δυτικός πολιτισμός: Η άνθιση της επιστήμης και της τεχνικής* (Β. Κάλφας & Ζ. Σαρίκας, Μετάφρ.). Ύψιλον.

- Λάζος, Χ. Δ. (1994). *Ο υπολογιστής των Αντικυθήρων: Μηχανισμοί με διαφορικό γρανάζι*. Αίολος.
- Lindberg D.C., (1997). *Οι απαρχές της δυτικής επιστήμης*, (μτφ. Η. Μαρκολέφας). Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π. (Πρωτότυπη έκδοση 1992).
- Λοΐζος, Δ. Ι. (2014). *Ιστορία, αρχαιολογία και πολιτισμός του αρχαίου κόσμου: Τόμος 1: Η αρχαία Ελλάδα και οι ανατολικοί λαοί από τους Σουμέριους στον Μέγα Αλέξανδρο, 3000–323 π.Χ.* (3η έκδ.). Anistoriton Freeware Editions.
- Lloyd, G. E. R. (2006). *Αρχαία ελληνική επιστήμη: Από τον Θαλή ως τον Αριστοτέλη* (Π. Καρλέτσα, Μετάφρ.). Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης. (Πρωτότυπη έκδοση 1970).
- Lloyd, G. E. R. (2007). *Η ελληνική επιστήμη μετά τον Αριστοτέλη* (Π. Καρλέτσα, Μετάφρ.). Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης. (Πρωτότυπη έκδοση 1973).
- Λυπουρλής, Δ. Δ. (2008). *Ιατρική στην αρχαία Ελλάδα: Από τον Όμηρο στον Ιπποκράτη: Κείμενα και εικόνες*. Επίκεντρο.
- Μανιάς, Θ. Ν. (1981). *Τα άγνωστα μεγαλουργήματα των αρχαίων Ελλήνων*. Πύρινος Κόσμος.
- Μανουσάκης, Γ. Ε. (2006). *Η σοφία του κόσμου: Από τη μεγάλη έκρηξη στη γένεση και στο μέλλον του σύμπαντος*. Εκδόσεις Πατάκη.
- Μαντάς, Κ. (2011). *Θεσμοί και ιδεολογία στον ελληνορωμαϊκό κόσμο*. Εκδόσεις Βερέττας.
- Marwick, A. (1985). *Εισαγωγή στην ιστορία* (Κ. Τρίγκου, Μετάφρ.). Π. Κουτσουμπός. (Πρωτότυπη έκδοση 1985)
- Μικεδάκη, Μ. (2015). *Τα σκηνικά του θεάτρου της ελληνιστικής εποχής*. Φύλντισι.
- Μικεδάκη, Μ. (2017–2018). *Το σκηνικό οικοδόμημα του Ελληνιστικού θεάτρου του Ασκληπιείου της Επιδαύρου και η «δοκιμαστική» αναστήλωση του προσκηνίου του από τον Αναστάσιο Ορλάνδο*. Θεάτρου Πόλις. Διεπιστημονικό περιοδικό για το θέατρο και τις τέχνες, 3–4, 30–44.
- Moretti, J.-C. (2004). *Θέατρο και κοινωνία στην αρχαία Ελλάδα* (Ε. Δημητρακοπούλου, Μετάφρ.; Κ. Μπούρας, Επιμ.). Εκδόσεις Πατάκη. (Πρωτότυπη έκδοση 2001)
- Μπαλανίκας, Γ. (2015). *Η ιατρική στην Αρχαία Αίγυπτο, και η πρωτοπορία στην οφθαλμολογία όπως αναδύονται από τους παπύρους Edwin Smith και Ebers*. Panoptis, 27(2), 14–22.

Μπάρκας, Ν. (1992). *Αρχαίο ελληνικό θέατρο: Σχεδιασμός και λειτουργία* [Διδακτορική διατριβή, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης]. Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. <https://doi.org/10.12681/eadd/8769>

Netz, R. (2019). *Η διαμόρφωση της παραγωγικής μεθόδου στα αρχαία ελληνικά μαθηματικά: Μια μελέτη υπό το πρίσμα της γνωσιακής ιστορίας* (Β. Σπυροπούλου, Μετάφρ.). Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης. (Πρωτότυπη έκδοση 1999)

Offenstadt, N. (2007). *Οι λέξεις του ιστορικού: Έννοιες-κλειδιά στη μελέτη της ιστορίας* (Κ. Γκοτσίνας, Μετάφρ.). Κέδρος. (Πρωτότυπη έκδοση 2004)

Παπάζογλου, Π. (2008). *Αρχαίων Ελλήνων επιστήμη, μηχανική και τεχνολογία*.

Πετάκος, Δ. (2019, 8 Μαρτίου). *Η επιστήμη έκανε την τεχνολογία ή η τεχνολογία την επιστήμη; Tromaktiko*.

Προσκυνητοπούλου, Ρ. (2012). *Η ιστορία της μελέτης του Μηχανισμού των Αντικυθήρων*. Στο Ν. Καλτσάς, Ε. Βλαχογιάννη, & Π. Μπούγια (Επιμ.), *Το ναυάγιο των Αντικυθήρων: Το πλοίο, οι θησαυροί, ο μηχανισμός* (σσ. 228–231). Εκδόσεις Καπόν.

Russo, L. (2004). *Η ξεχασμένη επανάσταση: Πώς η επιστήμη γεννήθηκε το 300 π.Χ. και γιατί χρειάστηκε να την ξαναβρούμε* (Α. Χριστοδουλίδη, Μετάφρ.). Διάυλος. (Πρωτότυπη έκδοση 1996)

Σακελλαρίου, Μ. Β. (2004). *Η αθηναϊκή δημοκρατία* (2η έκδ.). Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Σειραδάκης, Γ. (2009). Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων. *Α.Π.Θ. Θέματα*, (1).

Σιμόπουλος, Δ. Π., & Δεληβοριάς, Α. Α. (2012). *Ο ουρανός των αρχαίων* [Οδηγός παράστασης]. Ίδρυμα Ευγενίδου, Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο.

Σκορδούλης, Κ. (2014). *Επιστημονική γνώση*. Εκδόσεις Τόπος.

Σκορδούλης, Κ., & Στεφανίδου, Κ. (2021). *Διδακτική μεθοδολογία των φυσικών επιστημών: Θεωρία και πρακτική*. Εκδόσεις Προπομπός.

Τάσιος, Θ. (1997). Σχέσεις τεχνολογίας και επιστήμης στην αρχαία Ελλάδα. Στο Θ. Τάσιος, Ν. Οικονόμου, Γ. Βαρουφάκης, Μ. Κορρές, Π. Φάλαρης, & Ε. Κακαβογιάννη (Επιμ.), *Αρχαία ελληνική τεχνολογία: Πρακτικά 1ου Διεθνούς Συνεδρίου* (σσ. 693–696). Εταιρεία Μακεδονικών Σπουδών.

Τάσιος, Θ. Π. (1998, 4 Ιανουαρίου). Έκταση και σημασία των αρχαιοελληνικών τεχνολογικών επιτευγμάτων. *Επτά Ημέρες, Η Καθημερινή*.

- Τάσιος, Θ. Π. (2025). *Αρχαία ελληνική στρατιωτική τεχνολογία*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Τάσιος, Θ. Π. (2026). *Αρχαία ελληνική τεχνολογία: Μια σύντομη ιστορική επισκόπηση*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Vegetti, M. (2000). *Ιστορία της αρχαίας φιλοσοφίας* (Γ. Δημητρακόπουλος, Μετάφρ.). Τραυλός. (Πρωτότυπη έκδοση 1992).
- Βόγλη, Ε. (2015). *Τι πρέπει να γνωρίζει ο ιστορικός για την επιστήμη και το επάγγελμά του; Κάλλιπος*, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.
- Φωτίου, Α. Ι. (2007). *Γεωμετρική γεωδαισία: Θεωρία και πράξη*. Εκδόσεις Ζήτη.
- Χριστιανίδης, Γ., Διαλέτης, Δ., Παπαδόπουλος, Γ., & Γαβρόγλου, Κ. (2000). *Ελληνική φιλοσοφία και επιστήμη: Από την αρχαιότητα έως τον 20ό αιώνα: Τόμος Β΄: Οι επιστήμες στην αρχαία Ελλάδα, στο Βυζάντιο και στον νεότερο Ελληνισμό*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Χριστιανίδης, Γ. (2020). *Θέματα από την ιστορία των μαθηματικών*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Ζηρογιάννης, Π. Ν., & Βογιατζάκης, Ε. (Επιμ.). (2017). *Καταγωγή και σχέση της αρχαίας με τη σύγχρονη ιατρική επιστήμη και τέχνη*. Εταιρεία Διάδοσης Ιπποκρατείου Πνεύματος.
- Wright, T. M. (2005). Μηχανισμοί με γρανάζια από την αρχαιότητα ως σήμερα: Μια συνεχής παράδοση. *Αρχαιολογία και Τέχνες*, (96), 58–63.

References

- Arthur, W. B. (2009). *The nature of technology: What it is and how it evolves*. Free Press.
- Bain, R. (1937). Technology and state government. *American Sociological Review*, 2(6), 860–874. <https://doi.org/10.2307/2084365>
- Barker, G. (2006). *The agricultural revolution in prehistory: Why did foragers become farmers?* Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780199281091.001.0001>
- Barnes, J. (2000). *Aristotle: A very short introduction*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/actrade/9780192854087.001.0001>
- Bigelow, J. (1829). *Elements of technology: Taken chiefly from a course of lectures delivered at Cambridge, on the application of the sciences to the useful arts*. Hilliard, Gray, Little and Wilkins.
- Bradfield, J. (2021). Bone tool technology in the Stone Age of Africa. *Oxford Research Encyclopedia of Anthropology*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190854584.013.330>
- Bresson, A. (2010). *Η οικονομία στις ελληνικές πόλεις-κράτη (τέλη 6ου–1ος αι. π.Χ.): Οι δομές και η παραγωγή* (Ε. Δημητρακοπούλου, Μετάφρ.). Πατάκης. (Πρωτότυπη έκδοση 2007)
- Chalmers, A. F. (2013). *What is this thing called science?* (4th ed.). Hackett Publishing Company.
- Cheirchanteri, G. (2018). The “good” acoustics of the ancient theaters: Epidaurus phaeomenon. *SMC Magazine*, 7, 44–49.
- Clagett, M. (1957). *Greek science in antiquity*. Abelard-Schuman.
- Clagett, M. (1963). *Greek science in antiquity*. Collier Books.
- Craddock, P. T. (2008). Mining and metallurgy. In J. P. Oleson (Ed.), *The Oxford handbook of engineering and technology in the classical world* (pp. 93–120). Oxford University Press.
- Craik, E. (2018). Hippocrates and early Greek medicine. In P. T. Keyser & J. Scarborough (Eds.), *The Oxford handbook of science and medicine in the classical world* (pp. 215–232). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199734146.013.67>
- Cuomo, S. (2007). *Technology and culture in Greek and Roman antiquity*. Cambridge University Press.

Daumas, M. (1969). *A history of technology and invention: The origins of technological civilization* (Vol. 1). Crown Publishers.

Declercq, N. F., & Dekeyser, C. S. A. (2007). Acoustic diffraction effects at the Hellenistic amphitheater of Epidauros: Seat rows responsible for the marvelous acoustics. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 121(4), 2011–2022. <https://doi.org/10.1121/1.2709842>

Evans, J. (1998). *The history and practice of ancient astronomy*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195095395.001.0001>

Field, J. V., & Wright, M. T. (1985). Gears from the Byzantines: A portable sundial with calendrical gearing. *Annals of Science*, 42(2), 87–138. <https://doi.org/10.1080/00033798500200131>

Freeth, T., Bitsakis, Y., Moussas, X., Seiradakis, J. H., Tselikas, A., Mangou, H., Zafeiropoulou, M., Hadland, R., Bate, D., Ramsey, A., Allen, M., Crawley, A., Hockley, P., Malzbender, T., Gelb, D., Ambrisco, W., & Edmunds, M. G. (2006). Decoding the ancient Greek astronomical calculator known as the Antikythera Mechanism. *Nature*, 444(7119), 587–591. <https://doi.org/10.1038/nature05357>

Grant, E. (2007). *A history of natural philosophy: From the ancient world to the nineteenth century*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511999871>

Hallo, W. W., & Simpson, W. K. (1971). *The ancient Near East: A history*. Harcourt Brace Jovanovich.

Hanson, V. D. (2005). *Οι πόλεμοι των αρχαίων Ελλήνων* (Γ. Κουσουνέλος, Μετάφρ.). Ενάλιος. (Πρωτότυπη έκδοση 1989)

Harmand, S., Lewis, J. E., Feibel, C. S., Lepre, C. J., Prat, S., Lenoble, A., Boës, X., Quinn, R. L., Brenet, M., Arroyo, A., Taylor, N., Clément, S., Daver, G., Brugal, J.-P., Leakey, L., Mortlock, R. A., Wright, J. D., Lokorodi, S., Kirwa, C., ... Roche, H. (2015). 3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya. *Nature*, 521(7552), 310–315. <https://doi.org/10.1038/nature14464>

Imhausen, A. (2016). *Mathematics in ancient Egypt: A contextual history*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.23943/princeton/9780691117133.001.0001>

Irby-Massie, G. L., & Keyser, P. T. (2002). *Greek science of the Hellenistic era: A sourcebook*. Routledge.

Jones, A., & Taub, L. (Eds.). (2018). *The Cambridge history of science: Volume 1, ancient science*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9780511980145>

Katz, V. J., & Montelle, C. (Eds.). (2024). *Sourcebook in the mathematics of ancient Greece and the Eastern Mediterranean*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9780691257686>

Lancaster, L. (2008). Roman engineering and construction. In J. P. Oleson (Ed.), *The Oxford handbook of engineering and technology in the classical world* (pp. 256–284). Oxford University Press.

Lane, A. (2019, April 1). *What is technology?* OpenLearn.

Lindberg, D. C. (2007). *The beginnings of Western science: The European scientific tradition in philosophical, religious, and institutional context, prehistory to A.D. 1450* (2nd ed.). University of Chicago Press.

Lloyd, G. E. R. (1992). Methods and problems in the history of ancient science: The Greek case. *Isis*, 83(4), 564–577. <https://doi.org/10.1086/356289>

Lowenthal, D. (2009). *The past is a foreign country*. Cambridge University Press.

MacKenzie, D. A., & Wajcman, J. (Eds.). (1999). *The social shaping of technology* (2nd ed.). Open University Press.

McKirahan, R. D. (2011). *Philosophy before Socrates: An introduction with texts and commentary* (2nd ed.). Hackett Publishing Company.

Miller, T. S. (1985). *The birth of the hospital in the Byzantine Empire*. Johns Hopkins University Press.

Mitchell, P. (2012). Hunters and gatherers. In B. Cunliffe, C. Gosden, & J. Renfrew (Eds.), *The Oxford handbook of archaeology* (pp. 411–444). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199271016.013.0015>

Moussas, X. (2011). The Antikythera Mechanism: A mechanical cosmos and an eternal prototype for modelling and paradigm study. In P. V. Kokkotas, K. S. Malamitsa, & A. A. Rizaki (Eds.), *Adapting historical knowledge production to the classroom* (pp. 113–128). Sense Publishers.

Moussas, X. (2014). *The Antikythera Mechanism: The oldest computer and mechanical cosmos*. School of Physics and Astronomy, University of Birmingham.

Oleson, J. P. (Ed.). (2008). *The Oxford handbook of engineering and technology in the classical world*. Oxford University Press.

Pastore, G. (2010). Antikythera calculator advances modern science of 19 centuries. *Advances in Space Research*, 46(4), 552–556. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2010.04.002>

Papadopoulos, T., Delikaris-Manias, S., & Politis, A. (2011). *Comparative study of computer simulation methods for the acoustical modeling of ancient theatres* [Conference presentation]. *International Conference “The Acoustics of Ancient Theatres”*, University of Patras.

Pantazis, G. (2017). The astronomical orientation of ancient Greek theatres in relation to the topography and the Greek mythology. *Civil Engineering and Architecture*, 5(5), 185–192. <https://doi.org/10.13189/cea.2017.050504>

Perlès, C. (2001). *The early Neolithic in Greece: The first farming communities in Europe*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511612855>

Pitcher, L. (2009). *Writing ancient history: An introduction to classical historiography*. I. B. Tauris.

Plummer, T. W., Harmand, S., Finestone, E. M., & Wilson, E. P. (2025). The first million years of technology: The Lomekwian and the Early Oldowan. *Annual Review of Anthropology*, 54, 359–375. <https://doi.org/10.1146/annurev-anthro-071923-112250>

Porter, R. (1997). *The greatest benefit to mankind: A medical history of humanity*. W. W. Norton & Company.

Price, D. de S. (1974). Gears from the Greeks: The Antikythera Mechanism: A calendar computer from ca. 80 B.C. *Transactions of the American Philosophical Society*, 64(7), 1–70. <https://doi.org/10.2307/1006146>

Ramsey, A. (2012). X-ray tomography of the Antikythera Mechanism. *Proceedings of Science, PoS(Antikythera & SKA)022*. <https://doi.org/10.22323/1.170.0022>

Regulski, I. (2016). The origins and early development of writing in Egypt. In *The Oxford handbook of topics in archaeology*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199935413.013.61>

Rihll, T. E. (2007). *Greek science*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780199223954.001.0001>

Roaf, M. (1990). *Cultural atlas of Mesopotamia and the ancient Near East*. Equinox.

Robb, K. (1994). *Literacy and paideia in ancient Greece*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195059052.001.0001>

Roebroeks, W., & Villa, P. (2011). On the earliest evidence for habitual use of fire in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(13), 5209–5214. <https://doi.org/10.1073/pnas.1018116108>

Rochberg, F. (2018). Science and ancient Mesopotamia. In A. Jones & L. Taub (Eds.), *The Cambridge history of science: Volume 1, Ancient science* (pp. 7–28). Cambridge University Press.

Roumeliotis, M. (2018). Calculating the torque on the shafts of the Antikythera Mechanism to determine the location of the driving gear. *Mechanism and Machine Theory*, 122, 148–159. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2018.01.001>

Schick, K., & Toth, N. (2013). The origins and evolution of technology. In D. R. Begun (Ed.), *A companion to paleoanthropology* (pp. 265–289). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118332344.ch14>

Seiradakis, J. H., & Edmunds, M. G. (2018). Our current knowledge of the Antikythera Mechanism. *Nature Astronomy*, 2(1), 35–42. <https://doi.org/10.1038/s41550-017-0347-2>

Smith, N. D. (2019). *Summoning knowledge in Plato's Republic*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198842835.001.0001>

Snodgrass, A. M. (2003). *Τα επιθετικά και αμυντικά όπλα των αρχαίων Ελλήνων* (B. Σταματοπούλου, Μετάφρ.). University Studio Press. (Πρωτότυπη έκδοση 1967)

Van der Waerden, B. L. (2000). *Η αφύπνιση της επιστήμης: Αιγυπτιακά, βαβυλωνιακά και ελληνικά μαθηματικά* (Γ. Χριστιανίδης, Μετάφρ.). Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης. (Πρωτότυπη έκδοση 1954)

Wilson, A. I. (2008). Hydraulic engineering and water supply. In J. P. Oleson (Ed.), *The Oxford handbook of engineering and technology in the classical world* (pp. 285–318). Oxford University Press.

Zucconi, L. M. (2019). *Ancient medicine: From Mesopotamia to Rome*. William B. Eerdmans Publishing Company.

Παράρτημα

Στο παρόν παράρτημα παρουσιάζεται το βιβλιογραφικό υλικό που συγκεντρώθηκε στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας. Περιλαμβάνονται 20 επιστημονικά άρθρα, δημοσιευμένα κατά την περίοδο 2020–2026, τα οποία αφορούν διαφορετικές πτυχές της μελέτης της επιστήμης και της τεχνολογίας στην αρχαιότητα έως και τη ρωμαϊκή περίοδο.

Η αναζήτηση της σχετικής βιβλιογραφίας πραγματοποιήθηκε μέσω του Google Scholar, με τη χρήση συνδυασμών λέξεων-κλειδιών σχετικών με την αρχαία επιστήμη, την αρχαία τεχνολογία, την αρχαιομετρία, την αρχαία μηχανική, την ιατρική, την αστρονομία, τα υλικά, τις κατασκευές και τις σύγχρονες μεθοδολογικές προσεγγίσεις στη μελέτη του αρχαίου κόσμου. Από τα αποτελέσματα της αναζήτησης επιλέχθηκαν οι δημοσιεύσεις που παρουσίαζαν ουσιαστική συνάφεια με το αντικείμενο της εργασίας.

Για τη συγκρότηση του τελικού βιβλιογραφικού υλικού εφαρμόστηκαν συγκεκριμένα κριτήρια επιλογής. Συμπεριλήφθηκαν επιστημονικά άρθρα δημοσιευμένα σε ακαδημαϊκά περιοδικά, τα οποία εξετάζουν πτυχές της επιστημονικής γνώσης ή της τεχνολογικής δραστηριότητας στην αρχαιότητα και αξιοποιούν ιστορικές, αρχαιολογικές, αρχαιομετρικές, τεχνολογικές, μαθηματικές ή άλλες διεπιστημονικές προσεγγίσεις. Δεν συμπεριλήφθηκαν μονογραφίες, κεφάλαια συλλογικών τόμων, διπλωματικές ή διδακτορικές εργασίες, βιβλιοκρισίες, εισαγωγικά κείμενα και δημοσιεύσεις που δεν παρουσίαζαν επαρκή θεματική συνάφεια.

Για την καλύτερη οργάνωση του υλικού, τα άρθρα ταξινομήθηκαν σε επτά θεματικές ενότητες, με βάση το κύριο ερευνητικό αντικείμενο κάθε μελέτης. Καθώς αρκετές από τις δημοσιεύσεις έχουν διεπιστημονικό χαρακτήρα, η ταξινόμηση δεν αποτυπώνει το σύνολο των επιμέρους θεματικών και μεθοδολογικών διαστάσεων τους. Για την αποφυγή διπλής καταμέτρησης, κάθε άρθρο κατατάχθηκε σε μία μόνο θεματική ενότητα, σύμφωνα με τον βασικό ερευνητικό του προσανατολισμό.

Οι θεματικές ενότητες και ο αριθμός των άρθρων που περιλαμβάνονται σε καθεμία είναι οι εξής:

1. Αρχαία μηχανική, μηχανισμοί και ανακατασκευή τεχνολογιών: 3 άρθρα.
2. Αρχαιομετρία, υλικά και τεχνολογίες παραγωγής: 2 άρθρα.
3. Χρωστικές, ζωγραφική και κεραμική τεχνολογία: 2 άρθρα.
4. Αρχιτεκτονική, οικοδομική και τεχνολογία κατασκευών: 3 άρθρα.
5. Αστρονομία, μαθηματικά και γεωγραφική γνώση: 4 άρθρα.
6. Ιατρική και αρχαία επιστημονική γνώση: 4 άρθρα.
7. Ιστοριογραφία και ερμηνευτικές προσεγγίσεις της αρχαίας επιστήμης και τεχνολογίας: 2 άρθρα.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται το έτος δημοσίευσης, ο πλήρης τίτλος κάθε άρθρου, οι συγγραφείς, το επιστημονικό περιοδικό και η θεματική ενότητα στην οποία κατατάχθηκε.

	Έτος	Τίτλος άρθρου	Συγγραφείς	Περιοδικό	Θεματική ενότητα
1	2025	New Reconstruction Designs based on the Re-Decrypt Calendar Dial on the Front Plate of Antikythera Mechanism	Jian-Liang Lin	Results in Engineering	Αρχαία μηχανική, μηχανισμοί, υδραυλική και ανακατασκευή τεχνολογιών
2	2022	The Influential Impact and Contributions of the Scientific Heritage of Mouseion's Scholars Towards Renaissance and Present-day Technologies	Wessam Fekry Ibrahim	Journal of Tourism, Hotels and Heritage	Ιστοριογραφία και διεπιστημονικές/ερμηνευτικές προσεγγίσεις
3	2020	Design and Reconstruction of an Ancient Roman Crane	Marco Ceccarelli	Advances in Historical Studies	Αρχαία μηχανική, μηχανισμοί, υδραυλική και ανακατασκευή τεχνολογιών
4	2024	Tunnel and ventilation design of the Eupalinos' aqueduct in Samos, Greece	Eustathios D. Chiotis	International Journal for the History of Engineering & Technology	Αρχιτεκτονική, οικοδομική και τεχνολογία κατασκευών
5	2022	On the demotic-hieratic horoscopes from Athribis	Andreas Winkler	Journal for the History of Astronomy	Αστρονομία, μαθηματικά και γεωγραφική γνώση
6	2024	Medical Fraternity: Initiations in the Hippocratic Corpus	Yulia Ustinova	Scripta Classica Israelica	Ιατρική και αρχαία επιστημονική γνώση
7	2025	Slave Medical Treatment in Classical Greece Before and After the Slave Market	Marios Anastasiadis	Historia	Ιατρική και αρχαία επιστημονική γνώση

8	2025	A Mathematical Borderscape in Eratosthenes' Geographika: North-South Distances of the Oikoumene	Samantha Sink	Études et Travaux	Αστρονομία, μαθηματικά και γεωγραφία
9	2021	Putting Space Syntax to the Test: Digital Embodiment and Phenomenology in the Roman House	David Fredrick & Rhodora G. Vennarucci	Studies in Digital Heritage	Ιστοριογραφία και διεπιστημονικές/ερμηνευτικές προσεγγίσεις
10	2023	Socializing the Materiality of Earthen Structures: The Chaîne Opératoire of Construction Practices at the Neolithic Site of Kleitos 2, Greece	Evita Kalogiropoulou, Dimitris Kloukinas, Kostas Kotsakis	Cambridge Archaeological Journal	Αρχαία μηχανική, μηχανισμοί, υδραυλική και ανακατασκευή τεχνολογιών
11	2025	Ceramic experimental firing on clays for ceramic production in Umbria (Italy). Characterization of mineralogical transformations with temperature	Letizia Ceccarelli et al.	Journal of Archaeological Science: Reports	Χρωστικές, ζωγραφική και κεραμική τεχνολογία
12	2023	On the Heart of the Hippocratic Corpus: its meaning, context and purpose	Ryan C. Fowler	Medical History	Ιατρική και αρχαία επιστημονική γνώση

13	2021	Archaeometric studies on a blue glass fragment from Pompeii: Case study	M. Gelzo et al.	Mediterranean Archaeology & Archaeometry	Αρχαιομετρία, υλικά και τεχνολογίες παραγωγής
14	2023	Time-frequency diffraction acoustic modeling of the Epidauros ancient theatre	Konstantinos Kaleris, Georgios Moiragias, Panagiotis Hatziantoniou, John Mourjopoulos	Acta Acustica	Αρχιτεκτονική, οικοδομική και τεχνολογία κατασκευών
15	2024	Archaeometric Investigations on Archaeological Findings from Palazzo Corsini Alla Lungara (Rome)	Tilde de Caro et al.	Ceramics	Αρχαιομετρία, υλικά και τεχνολογίες παραγωγής
16	2025	Ceramic experimental firing on clays for ceramic production in Umbria (Italy). Characterization of mineralogical transformations with temperature	Letizia Ceccarelli et al.	Journal of Archaeological Science: Reports	Χρωστικές, ζωγραφική και κεραμική τεχνολογία
17	2021	The Antikythera Mechanism: The Prove of the Accuracy of the Astronomical Calculations Based on It	Kyriakos Efstathiou, Marianna Efstathiou, Alexandros Basiakoulis, Neofytos Kokkinos	Heritage	Αστρονομία, μαθηματικά και γεωγραφική γνώση
18	2022	Assembling the Fragment D on the Antikythera			

		Mechanism: Its Role and Operation in the Draconic Gearing	Aristeidis Voulgaris, Christophoros Mouratidis, Andreas Vossinakis	Mediterranean Archaeology and Archaeometry	Αστρονομία, μαθηματικά και γεωγραφική γνώση
19	2022	Beneath the skin: method and perception in Hippocratic medicine	Jorge Torres	Medical History	Ιατρική και αρχαία επιστημονική γνώση
20	2025	How sustainable was ancient Roman concrete?	Daniela M. Martinez et al.	iScience	Αρχιτεκτονική, οικοδομική και τεχνολογία κατασκευών