



Τεχνολογικό και Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης  
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων

**«Οι όψεις της επιστήμης κατά το Μεσαίωνα και  
οι προϋποθέσεις της Επιστημονικής Επανάστασης –  
Ανάπτυξη ιστοτόπου.»**

Κουτράκη Χαρίκλεια Α.Μ.425  
Μαχαλιώτη Ελένη Α.Μ.1085  
Επιβλέπων Καθηγητής: Παχουλάκης Ιωάννης  
Ηράκλειο, Φεβρουάριος 2009

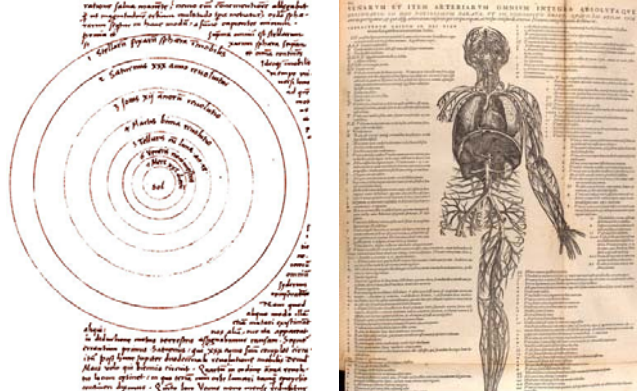
## Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	Σελ. 3
2. Αστρονομία και Φυσική.....	Σελ. 7
3. Οι Εξελίξεις σε Χημεία και Μαθηματικά.....	Σελ. 38
4. Βιολογία και Γεωλογία.....	Σελ. 48
5. Κοινωνικές Επιστήμες.....	Σελ. 55
6. Ανακαλύψεις που άλλαξαν τον κόσμο.....	Σελ. 61
7. Ερμηνεία Επιστημονικών Εξελίξεων.....	Σελ. 70
8. Παραρτήματα	
I. Αριστοτέλης.....	Σελ. 79
II. Νικόλαος Κοπέρνικος.....	Σελ. 82
III. Johannes Kepler.....	Σελ. 85
IV. Galileo Galilei.....	Σελ. 90
V. Isaac Newton.....	Σελ. 94
9. Βιβλιογραφία.....	Σελ. 98

## Εισαγωγή

Η περίοδος την οποία πολλοί ιστορικοί των επιστημών αποκαλούν ως επιστημονική επανάσταση, μπορεί να οριοθετηθεί χρονολογώντας την έναρξή της στο 1543, τη χρονιά που ο Νικόλαος Κοπέρνικος δημοσίευσε το έργο του «*De Revolutionibus Orbium Coelestium*» («Στις επαναστάσεις των ουράνιων σφαιρών») και ο Andreas Vesalius δημοσίευσε το «*De humani corporis fabrica*» («Η κατασκευή του ανθρώπινου σώματος»). Όπως συχνά συμβαίνει σε αντίστοιχες περιπτώσεις, οι ιστορικοί των επιστημών διαφωνούν για τα όριά της περιόδου αυτής.

Αν και είναι κοινά αποδεκτό ότι η επανάσταση αυτή έλαβε χώρα κατά το 16<sup>ο</sup> και 17<sup>ο</sup> αιώνα, μερικοί διακρίνουν στοιχεία που την επηρέασαν στα πρώτα χρόνια του Μεσαίωνα, και θεωρούν ότι τα τελευταία στάδια της - στη χημεία και τη βιολογία - εντοπίζονται στο 18<sup>ο</sup> και το 19<sup>ο</sup> αιώνα. Παρ' όλα αυτά είναι γενικά αποδεκτό, ότι σε αυτό το μεσοδιάστημα έγιναν ορισμένες θεμελιώδεις αλλαγές στις



Σελίδες από το περιεχόμενο του *De Revolutionibus Orbium Coelestium* και του *De Humani Corporis Fabrica*.

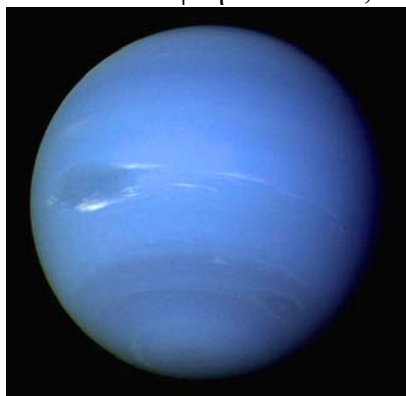
επιστημονικές ιδέες της φυσικής, της αστρονομίας και της βιολογίας, σε ιδρύματα που υποστήριζαν την επιστημονική έρευνα, αλλά και στη γενικότερη εικόνα που οι άνθρωποι είχαν για το σύμπαν. Το αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η Επιστημονική Επανάσταση να θεωρείται το θεμέλιο και η πηγή των σύγχρονων επιστημών. Υπάρχουν όμως και οι υποστηρικτές της αντίθετης άποψης, ότι δηλαδή δεν υπάρχει δραστηκή ασυνέχεια στην ανάπτυξη των επιστημών μεταξύ του Μεσαίωνα και των μετέπειτα εξελίξεων στις επιστήμες κατά τη διάρκεια της Αναγέννησης και των πρώιμων χρόνων της σύγχρονης εποχής.

Σημαντικότετος παράγοντας για την πρόοδο των επιστημών υπήρξε η Γαλλική Επανάσταση, που έδωσε το εναρκτήριο λάκτισμα για την εξέλιξη των εκπαιδευτικών και τεχνολογικών ιδρυμάτων ανά την Ευρώπη. Τα ιδρύματα αυτά έδωσαν την βάση για την εκπαίδευση νέων επιστημόνων αλλά και τεχνικών που άφησαν το δικό τους στίγμα στην Επιστημονική Επανάσταση. Η χρονική συνύπαρξη των δύο αυτών επαναστάσεων κάνει τους ιστορικούς να αποκαλούν την περίοδο αυτή, ως την περίοδο της διττής επανάστασης, της επανάστασης δηλαδή με τις δύο όψεις.

Η παρουσία όμως μιας αντικειμενικά υπαρκτής επανάστασης, όπως της Γαλλικής, δεν είναι ο μόνος λόγος που έδωσε την ώθηση για την εξέλιξη των επιστημών. Ανά τους αιώνες υπήρξαν πολλές αφορμές για την αφύπνιση του επιστημονικού κόσμου και την πρόδοό του, και συχνά οι αφορμές έρχονταν από παράγοντες που δεν είχαν καμία εμφανή σύνδεση μαζί του.

Θα μπορούσαμε κάλλιστα να συνδέσουμε τις επιστήμες με την τέχνη παρότι μοιάζουν δύο θέματα χωρίς κοινή επαφή. Ο παραλληλισμός τέχνης και επιστήμης είναι σαφώς επικίνδυνος, γιατί οι σχέσεις τους με την κοινωνία στην οποία αναπτύσσονται είναι αρκετά διαφορετικές. Ωστόσο οι επιστήμες καθρεφτίζουν και αυτές με τον τρόπο τους τη διττή επανάσταση, αρχικά γιατί η επανάσταση είχε συγκεκριμένες απαιτήσεις από αυτές, αλλά και γιατί ανέδειξε καινούριες δυνατότητες

και τις έφερε αντιμετώπες με νέα προβλήματα, τέλος γιατί η ίδια η ύπαρξη της επανάστασης προωθούσε νέους τρόπους σκέψης. Η εξέλιξη των επιστημών ανάμεσα στο 1789 και το 1848 δεν μπορεί να αναλυθεί αποκλειστικά και μόνο σε συνάρτηση με τα κινήματα στη γύρω κοινωνία. Οι περισσότερες ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν την εσωτερική λογική τους, που καθορίζει μέρος τουλάχιστον της εξέλιξής τους. Ο πλανήτης Ποσειδώνας ανακαλύφθηκε το 1846, και η αφορμή που έδωσε την ώθηση για την ανακάλυψή του, δεν είχε τίποτα να κάνει με την ίδια την αστρονομία ήταν οι πίνακες του Bouvard το 1821 που έδειξαν ότι η τροχιά του πλανήτη Ουρανού, που ανακαλύφθηκε το 1781, παρουσίαζε απροσδόκητες παρεκκλίσεις από την



Ο πλανήτης Ποσειδώνας

αναμενόμενη. Μέχρι τα τέλη του 1830, οι παρεκκλίσεις αυτές είχαν μεγαλώσει και αποδόθηκαν χωρίς μεγάλη βεβαιότητα σε διαταραχές που προκαλούσε κάποιο άγνωστο ουράνιο σώμα, η υπόθεση αυτή ώθησε τους αστρονόμους να προσπαθήσουν να υπολογίσουν τη θέση του σώματος αυτού. Παρ' όλα αυτά, ακόμη και όσοι πιστεύουν στην πλήρη αγνότητα της καθαρής επιστήμης γνωρίζουν ότι η επιστημονική σκέψη μπορεί τουλάχιστον να επηρεαστεί από πράγματα έξω από το συγκεκριμένο γνωστικό της πεδίο. Η πρόοδος της επιστήμης δεν είναι μία απλή

γραμμική πορεία όπου το κάθε στάδιο βρίσκει τη λύση στα ρητά ή άρρητα προβλήματα που είχαν τεθεί προηγουμένως και, με τη σειρά του, θέτει νέα. Η επιστήμη προχωρεί επίσης και με την ανακάλυψη νέων προβλημάτων, νέων τρόπων αντιμετώπισης των παλιών, νέων τρόπων επίλυσής τους, εντελώς νέων πεδίων έρευνας ή θεωρητικών και πρακτικών εργαλείων για την έρευνα αυτή. Και εδώ υπάρχει τεράστιο περιθώριο επίδρασης ή μορφοποίησης της σκέψης από εξωγενείς παράγοντες. Αν πράγματι οι περισσότερες επιστήμες αναπτύσσονταν με απλό γραμμικό τρόπο, όπως συνέβη με την αστρονομία που παρέμεινε ουσιαστικά στο νευτώνικό της πλαίσιο μετά τις αρχές του 18<sup>ου</sup> αιώνα, τότε το στοιχείο αυτό δε θα είχε ιδιαίτερη σημασία. Αλλά, όπως προκύπτει, υπάρχουν περίοδοι που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως εποχές ριζικά νέων αφετηριών σε ορισμένα πεδία σκέψης, όπως ήταν η περίοδος μετά τη Γαλλική Επανάσταση, για τα μαθηματικά · εποχή αφύπνισης επιστημών που έως τότε ήταν σε νάρκη, για τη χημεία · εποχή γέννησης νέων επιστημών, για τη γεωλογία · και εποχή εμφύσησης των επαναστατικών νέων ιδεών σε ήδη υπάρχουσες επιστήμες, όπως τις κοινωνικές και τις βιολογικές.

Όπως ήρθαν τα πράγματα από όλες τις εξωτερικές δυνάμεις που διαμόρφωσαν την επιστημονική ανάπτυξη, οι άμεσες απαιτήσεις που έθεταν στους επιστήμονες κυβέρνηση και βιομηχανία ήταν από τις λιγότερο σημαντικές. Η Γαλλική Επανάσταση τους κινητοποίησε θέτοντας τον γεωμέτρη και μηχανικό Lazare Carnot επικεφαλής της ιακωβινικής πολεμικής προσπάθειας, τον μαθηματικό και φυσικό Monge (υπουργό ναυτιλίας το 1792-93) και μία ομάδα μαθηματικών και χημικών επικεφαλής της πολεμικής παραγωγής, όπως νωρίτερα είχε επιφορτίσει τον χημικό και οικονομολόγο Lavoisier με την προετοιμασία του προϋπολογισμού του εθνικού εισοδήματος. Ήταν ίσως η πρώτη φορά στη σύγχρονη ή οποιαδήποτε άλλη ιστορία που ένας τέτοιος επιστήμονας έμπαινε στην κυβέρνηση, αλλά το γεγονός είχε μεγαλύτερη σημασία για την κυβέρνηση απ' ότι για την επιστήμη. Στη Βρετανία, οι μεγάλες βιομηχανίες ήταν η κλωστοϋφαντουργία, ο άνθρακας, ο σίδηρος, οι σιδηρόδρομοι και η ναυτιλία. Την επανάσταση στις βιομηχανίες αυτές έφεραν οι

ικανότητες εμπειρικών – υπερβολικά εμπειρικών – ανθρώπων. Ο ήρωας της επανάστασης στους βρετανικούς σιδηροδρόμους ήταν ο George Stephenson, αγράμματος επιστημονικά αλλά ικανός να μυρίζει τι θα κινούσε μία μηχανή, έξοχος τεχνίτης μάλλον παρά ειδικός της τεχνολογίας. Οι απόπειρες επιστημόνων όπως ο Babbage να φανούν χρήσιμοι στους σιδηροδρόμους, ή οι προσπάθειες επιστημόνων μηχανικών όπως ο Brunel να δώσουν σ' αυτούς ορθολογική μάλλον παρά εμπειρική διάσταση, απέτυχαν όλες οικτρά.

Από την άλλη μεριά, η επιστήμη ευεργετήθηκε από την εντυπωσιακή ενθάρρυνση της επιστημονικής και τεχνικής εκπαίδευσης και από την κάπως λιγότερο εντυπωσιακή υποστήριξη για την έρευνα που εκδηλώθηκε τον 18<sup>ο</sup> αιώνα. Η επίδραση της Γαλλικής



Γκραβούρα που αναπαριστά την Ecole Polytechnique

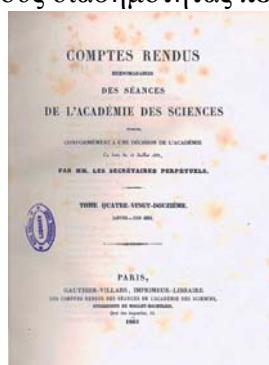
Επανάστασης την περίοδο αυτή στην ανάπτυξη των επιστημών είναι ξεκάθαρη· συνέβαλλε σε μεγάλο βαθμό στην ανάπτυξη τους μετασχηματίζοντας την επιστημονική και τεχνική παιδεία της Γαλλίας ιδίως με την ίδρυση της Ecole Polytechnique(1795) – που προοριζόταν για σχολείο τεχνικών κάθε είδους. Η Γαλλική Επανάσταση συνέβαλε επίσης την αναζωογόνηση της ξεπεσμένης Βασιλικής Ακαδημίας(1795) και συνέστησε το Εθνικό Μουσείο Φυσικής Ιστορίας(1794), το πρώτο αληθινό ερευνητικό κέντρο εκτός φυσικών επιστημών. Η παγκόσμια πρωτοπορία της γαλλικής επιστήμης στο μεγαλύτερο μέρος της περιόδου οφείλεται, σχεδόν σίγουρα, στα αυτά ιδρύματα, ιδίως στο Πολυτεχνείο, που έβγαλε απaráμιλλο πλήθος μεγάλων μαθηματικών και θεωρητικών φυσικών. Το πολυτεχνείο βρήκε μιμητές στην Πράγα, τη Βιέννη και τη Στοκχόλμη, την Πετρούπολη και την Κοπεγχάγη, σε πάμπολλα μέρη της Γερμανίας και του Βελγίου, στη Ζυρίχη και τη Μασαχουσέτη, αλλά όχι στην Αγγλία. Το νέο Πανεπιστήμιο του Βερολίνου(1806-10), που ιδρύθηκε ως μέρος της Πρωσικής αναγέννησης, ήταν αυτό που αποτέλεσε πρότυπο για τα περισσότερα γερμανικά πανεπιστήμια, τα οποία αργότερα έδωσαν τις βάσεις και έγιναν υπόδειγμα για τα πανεπιστήμια όλου του κόσμου. Για άλλη μία φορά, η Βρετανία δε γνώρισε τέτοια μεταρρύθμιση. Ωστόσο, ο τεράστιος πλούτος της χώρας, χάρη στον οποίο μπόρεσαν να δημιουργηθούν ιδιωτικά εργαστήρια όπως του Henry Cavendish και του James Joule, καθώς και η γενική πίεση από έξυπνους αστούς υπέρ της επιστημονικής και της τεχνικής εκπαίδευσης, πέτυχε ανάλογα αποτελέσματα. Ο κόμης Rumford, ίδρυσε το Βασιλικό Ίδρυμα το 1799. Η φήμη του ιδρύματος βασιζόταν κατά κύριο λόγο στις δημόσιες διαλέξεις του, αλλά η πραγματική του αξία έγκειτο στις μοναδικές ευκαιρίες που έδινε για πειραματική επιστήμη σε ερευνητές όπως ο Humphrey Davy και ο Michael Faraday· αποτέλεσε δηλαδή, στην ουσία, ένα είδος πρώιμου ερευνητικού εργαστηρίου. Διάφοροι φορείς για την προαγωγή της επιστήμης, όπως η Σεληνιακή Εταιρεία του Birmingham και η Φιλολογική και Φιλοσοφική Εταιρεία του Manchester, κινητοποίησαν την υποστήριξη βιομηχάνων στις επαρχίες: ο John Dalton, ο ιδρυτής της ατομικής θεωρίας, προήλθε από τη δεύτερη εταιρεία. Οι



Μπενθμιστές ριζοσπάστες στο Λονδίνο ίδρυσαν, ή μάλλον ανέλαβαν και μετέτρεψαν, το Μηχανολογικό Ινστιτούτο του Λονδίνου – το σημερινό κολέγιο Birkbeck – σε σχολή για τεχνικούς, το Πανεπιστήμιο του Λονδίνου και τη Βρετανική Ένωση για την Προαγωγή της Επιστήμης(1831). Τα ιδρύματα αυτά δεν αποσκοπούσαν στην καθαρή επιδίωξη γνώσεων για τις ίδιες τις γνώσεις, ίσως για αυτό άργησαν να ιδρυθούν ειδικά ερευνητικά κέντρα. Ακόμη και στη Γερμανία, το πρώτο πανεπιστημιακό ερευνητικό εργαστήριο για τη χημεία, του Liebig στο Giessen, ιδρύθηκε μόλις το 1825. Υπήρχαν ιδρύματα για τεχνικούς, ( Γαλλία και Βρετανία), για δασκάλους( Γαλλία και Γερμανία), ή ιδρύματα που εμφυσούσαν στους νέους το απαραίτητο πνεύμα για να υπηρετήσουν την πατρίδα τους.

Η εποχή της επανάστασης αύξησε επομένως τον αριθμό των επιστημόνων και των λόγιων, καθώς και την επιστημονική παραγωγή. Επιπλέον, κι αυτό έχει μεγαλύτερη σημασία, το γεωγραφικό σύμπαν της επιστήμης έγινε τότε ευρύτερο με δύο τρόπους: αφενός το ίδιο το εμπόριο και η εξερεύνηση προσέφεραν στην επιστημονική μελέτη νέα μήκη και πλάτη του κόσμου και έδωσαν έναυσμα για ανάλυση των νέων αυτών περιοχών ` ένα από τα μεγαλύτερα επιστημονικά μυαλά της περιόδου, ο Alexander von Humboldt(1769-1859), συνέβαλε στην επιστημονική ανάπτυξη με αυτόν τον τρόπο, δηλαδή ως ακούραστος ταξιδιώτης, παρατηρητής και θεωρητικός στους τομείς της γεωγραφίας, εθνογραφίας και φυσικής ιστορίας). Αφετέρου, το σύμπαν της επιστήμης διευρύνθηκε για να συμπεριλάβει χώρες και λαούς που ως τότε ελάχιστα είχαν συμβάλει στον τομέα αυτό. Ο κατάλογος των επιστημόνων του 1750, περιέχει λίγους μη Γάλλους, Βρετανούς, Γερμανούς, Ιταλούς ή Ελβετούς. Αλλά ένας πολύ σύντομος κατάλογος των σημαντικότερων μαθηματικών του πρώτου μισού του 19<sup>ου</sup> αιώνα περιλαμβάνει τον Henrik Abel από την Νορβηγία, τον Hanos Bolyai από την Ουγγαρία και τον Nicolai Lobachevsky από την ακόμη πιο απομακρυσμένη πόλη Καζάν. Και εδώ φαίνεται ότι η επιστήμη αντανακλά την άνοδο εθνικών πολιτισμών εκτός δυτικής Ευρώπης, εντυπωσιακότατη εξέλιξη της εποχής των επαναστάσεων. Αυτό το εθνικό στοιχείο στην ανάπτυξη των επιστημών απεικονίστηκε με τη σειρά του στην παρακμή του κοσμοπολίτικου πνεύματος που χαρακτήριζε τόσο έντονα τις μικρές επιστημονικές κοινότητες του 17<sup>ου</sup> και του 18<sup>ου</sup> αιώνα. Η εποχή της περιοδευούσας διεθνούς διασημότητας πέρασε μαζί με τα παλαιά καθεστάτα. Στο εξής ο επιστήμονας

παρέμενε στα όρια της περιοχής όπου μιλούνταν η γλώσσα του και πραγματοποιούσε βραχύτερες μόνο επισκέψεις, ενώ επικοινωνούσε με τους συναδέλφους του μέσω των επιστημονικών περιοδικών που αποτελούν χαρακτηριστικό προϊόν της περιόδου αυτής: τα Proceedings of the Royal Society(1831), τα Comptes Rendus de l'Academie des Sciences(1837), τα Proceedings of the American Philosophical Society(1838), ή τα νέα ειδικευμένα περιοδικά όπως το Journal fur Reine und Angewandte Mathematik του Crelle ή τα Annales de Chimie et de Physique(1797).



Εξώφυλλο του επιστημονικού περιοδικού Comptes Rendus de l'Academie des Sciences τότε και τώρα

ή τα νέα ειδικευμένα περιοδικά όπως το Journal fur Reine und Angewandte Mathematik του Crelle ή τα Annales de Chimie et de Physique(1797).

## Αστρονομία και Φυσική

*«If I have seen further it is by standing on ye shoulders of Giants»*

*Isaac Newton*

Ο Isaac Newton, είπε κάποτε αναφερόμενος στις ανακαλύψεις και τα μεγάλα επιτεύγματά του, πως αν είδε μακριά είναι γιατί πάτησε στους ώμους γιγάντων. Την περίοδο της επιστημονικής επανάστασης έγιναν τεράστια άλματα στην εξέλιξη των επιστημών, τα θεμέλια όμως για αυτό που σήμερα ονομάζουμε σύγχρονες επιστήμες είχαν ήδη τεθεί από την αρχαιότητα.

Τα χρονολογικά όρια της επιστημονικής επανάστασης, όπως ήδη είδαμε, είναι ρευστά και οι ιστορικοί των επιστημών δεν συμφωνούν για τη σωστή τοποθέτησή τους στο χρόνο. Αποδεχόμενοι λοιπόν τα ευρύτερα όρια, που τη θέλουν να ξεκινά με τον Κοπέρνικο και να φτάνει στα τελευταία στάδια της στο 19<sup>ο</sup> αιώνα, δεν μπορούμε να αμφισβητήσουμε τόσο τις επιρροές του Μεσαίωνα σε αυτήν όσο και το γεγονός πως το αποκορύφωμά της υπήρξε ο 16<sup>ος</sup> και ο 17<sup>ος</sup> αιώνας, με τις ραγδαίες εξελίξεις στον κόσμο της αστροφυσικής, με τις νέες ανακαλύψεις και διαπιστώσεις να δίνουν στο σύμπαν και την όψη του, μία εντελώς νέα μορφή. Άρρηκτα συνδεδεμένα με την περίοδο αυτή είναι τα ονόματα του Κοπέρνικου, του Kepler, του Γαλιλαίου και του Newton.

Η αστρονομία όπως την γνωρίζουμε σήμερα, εξελίχθηκε μέσα από το πέρασμα χιλιετηρίδων. Η όψη των Ουρανών και ο τρόπος λειτουργίας του πλανητικού συστήματος ήταν κάτι που είχε απασχολήσει τους επιστήμονες και τους φιλοσόφους της αρχαιότητας. Αν κοιτάξουμε 2300 χρόνια αστροφυσικής πίσω μας, βλέπουμε τη πρώτη μεγάλη στιγμή επιστημονικών επιτευγμάτων να λαμβάνει χώρα στον Ελληνικό κόσμο του Αριστοτέλη (384 – 322 π. Χ.), του Αρίσταρχου του Σάμιου (310 – 25 π. Χ.) και του Κλαύδιου Πτολεμαίου (2<sup>ος</sup> αιώνας π. Χ.).



Εύρημα που αποδίδεται στους Βαβυλώνιους και αναγράφει προβλέψεις για τις μελλοντικές θέσεις των πλανητών.

### Ιστορική Αναδρομή

Όλοι οι ανεπτυγμένοι αρχαίοι λαοί, ασχολήθηκαν κατά καιρούς με την αστρονομία, κάποιοι από αυτούς όμως άφησαν αρκετές αστρονομικές πληροφορίες και παρατηρήσεις καθώς και αποδείξεις για τη δράση τους, είτε με τη μορφή γραπτών κειμένων είτε με τη μορφή κατασκευών που εξακολουθούν να συναρπάζουν μέχρι και σήμερα, και είναι επίσης, εξίσου εντυπωσιακό, πως όλοι αυτοί οι πρώτοι κοσμολόγοι κατάφεραν να συντάξουν τις θεωρίες τους βασιζόμενοι μόνο σε ότι ήταν ορατό δια

γυμνού οφθαλμού.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την αστρονομία και τη δομή του κόσμου έδειξαν λαοί όπως οι Σουμέριοι, οι Ακκάδιοι, οι Ασσύριοι, οι Βαβυλώνιοι, οι Αιγύπτιοι και οι Κινέζοι· ως χαρακτηριστικό παράδειγμα της δράσης τους αυτής μπορούμε να δώσουμε τα ημερολόγια που είχαν καταρτίσει οι Αιγύπτιοι ώστε να τα χρησιμοποιούν

για πρακτικούς σκοπούς, όπως τη συστηματοποίηση των καλλιεργειών στις όχθες του Νείλου.

**Η αστρονομία στη Βαβυλωνία.** Τα πρώτα βήματα στην αστρονομία έγιναν πιθανώς από τους Βαβυλώνιους. Υπολογίζεται ότι γύρω στο 3800 π. Χ. έκαναν ήδη συστηματικές μελέτες του ουρανού, είχαν συμπεριλάβει, τους πλανήτες στο ζωδιακό κύκλο, ενώ αργότερα μελέτησαν την κίνηση της Αφροδίτης και καθόρισαν τις περιόδους των πλανητών όπως του Ερμή, του Άρη και του Δία. Γνώριζαν την ανώμαλη κίνηση του Ήλιου με σφάλμα 10' και δημοσίευαν τις ημερομηνίες για τις εκλείψεις του Ήλιου και της Σελήνης. Τέλος, όπως έχει διαπιστωθεί, το αστρικό τους έτος είχε μόνο 4' 30'' διαφορά από το πραγματικό.

**Η αστρονομία στη Αίγυπτο.** Οι αστρονόμοι- ιερείς των Αιγυπτίων επεξεργάστηκαν ένα ημερολόγιο που χώριζε το έτος σε 12 μήνες των 30 ημερών και σε μία πρόσθετη περίοδο των 5 ημερών για τη συμπλήρωσή του. Σε αυτούς οφείλεται ο σημερινός ο διαχωρισμός του έτους σε μήνες, εβδομάδες και ημέρες. Οι Αιγύπτιοι συνέταξαν επίσης ένα κατάλογο με 43 αστερισμούς και ήξεραν τις σχετικές θέσεις των τότε γνωστών πλανητών.

**Η αστρονομία στην Κίνα.** Οι κατασκευές αστρονομικών οργάνων υπήρξε το δυνατό σημείο των Κινέζων αστρονόμων. Αξίζει επίσης να τονιστεί η ιδιαίτερη ικανότητά τους στην κατασκευή ωρολογίων και γενικότερα η συστηματική τους ενασχόληση με τη μέτρηση του χρόνου.

**Η αστρονομία στην Περσία και τη Φοινίκη.** Οι γνώσεις των Φοινίκων στην αστρονομία βρήκαν πρακτική εφαρμογή στη ναυτιλία ενώ οι Πέρσες υπήρξαν ένας από τους πρώτους λαούς που έχτισαν τόσο θαυμαστά αστεροσκοπεία.

**Η αστρονομία στη Ελλάδα.** Παρά τα σημαντικά επιτεύγματα πολλών λαών, οι Έλληνες ήταν αυτοί που οικοδόμησαν την Αστρονομία ως επιστήμη. Οι Αρχαίοι Έλληνες έκαναν σημαντικά βήματα στην επιστήμη της αστρονομίας και μεταξύ άλλων σε αυτούς αποδίδεται το σύστημα του φαινόμενου μεγέθους των αστερών (που εφαρμόζεται ακόμα και σήμερα) ενώ ήταν αυτοί που για πρώτη φορά διαπίστωσαν και απέδειξαν τη σφαιρικότητα της γης και υπολόγισαν κατά προσέγγιση την ακτίνα της. Ακόμη, κατάρτισαν ένα κατάλογο με τα τότε γνωστά ουράνια σώματα. Επιπλέον, ο πρώτος που έθεσε το θέμα για την αντικατάσταση του γεωκεντρικού συστήματος με το ηλιοκεντρικό, ήταν ο Έλληνας Αρίσταρχος αν και η ορθότητα της θεωρίας του επιβεβαιώθηκε και καθιερώθηκε αιώνες μετά, από τον Κοπέρνικο.



Οι Έλληνες έδωσαν στον πλανήτη αυτόν το όνομα του πρώτου θεού τους, Ζeus (= Δίας)

Η συνδρομή των Ελλήνων φιλοσόφων κατά την αρχαιότητα στην αστρονομία, ξεκινά ακόμα από το Θαλή το Μιλήσιο, ο οποίος κατάφερε και προέβλεψε την ηλιακή έκλειψη στις 28/ 5 /585 π. Χ. αλλά και μέτρησε τη φαινόμενη διάμετρο του Ήλιου. Συνεχίζοντας στο χρόνο, συναντάμε τον Αναξίμανδρο και τον Αναξίμενη, όπου ο πρώτος, υπέθεσε ότι η γη αιωρείται και προσδιόρισε τις ισημερίες, τα ηλιοστάσια και εισήγαγε τη χρήση του ηλιακού ωρολογίου ενώ παράλληλα υποστήριξε τη θεωρία της γης ως σφαιρικό και όχι ως επίπεδο σώμα, όπως έκανε αργότερα και ο Παρμενίδης ο Ελεάτης και ο Πυθαγόρας, θεωρία που αποδείχθηκε αργότερα από τον Αριστοτέλη, ενώ ο Αναξίμενης, ήταν αυτός που διακήρυττε ότι η Σελήνη είναι ετερόφωτο σώμα που δέχεται φως από τον ήλιο. Αιώνες αργότερα, με τη χρήση του τηλεσκοπίου ο Γαλιλαίος διαπίστωσε πως η Σελήνη έχει όρη και κοιλάδες, κάτι το οποίο δίδασκε ο Αναξαγόρας όπως επίσης και ότι ο Ήλιος είναι διάπυρος και



αυτόφωτος σε αντίθεση με τη Σελήνη που το φως της δεν ήταν παρά η αντανάκλαση του ηλιακού φωτός. Ο Φιλόλαος, τον 5<sup>ο</sup> αιώνα, υποστήριξε ότι Γη, Σελήνη και πλανήτες περιστρέφονται γύρω από μια πύρινη σφαίρα. Τον ίδιο αιώνα ο Δημόκριτος διατυπώνει την υπόθεση ότι τα άστρα είναι ήλιοι.

Ο Ηρακλείδης ο Ποντικός(388 – 315 π. Χ.) μαζί με τον Αρίσταρχο το Σάμιο (310 – 230 π. Χ.) δίδασκαν ότι ο Ερμής, η Αφροδίτη και η Γη περιστρέφονται γύρω από τον Ήλιο και ταυτόχρονα γύρω από τον άξονά τους. Ήταν οι πρώτοι, που σε αντίθεση με όλους τους άλλους, που ξεκινούσαν τις υποθέσεις και τις έρευνές τους με την απλή και κατανοήσιμη έννοια ότι η γη ήταν ακίνητη και αποτελούσε το κέντρο του σύμπαντος, που υπέθεσαν ότι το πλανητικό μας σύστημα δεν ήταν, όπως όλοι πίστευαν γεωκεντρικό αλλά ηλιοκεντρικό. Οι ιδέες του Αρίσταρχου, υπήρξαν άκρως επαναστατικές για την εποχή τους και παραμερίστηκαν σύντομα επειδή έρχονταν σε αντίθεση με την καθημερινή λογική του γεωκεντρικού συστήματος, η ορθότητά τους όμως αναγνωρίστηκε με καθυστέρηση 2000 ετών στο πρόσωπο του Κοπέρνικου. Ο Αρίσταρχος εκτός από την ανάπτυξη του ηλιοκεντρικού μοντέλου συνέισφερε και στην μέτρηση της απόστασης του Ήλιου από τη Γη καθώς και στον υπολογισμό της διαμέτρου της Σελήνης, την οποία εκτίμησε ως περίπου τρεις φορές μικρότερη από αυτή της γης. Το 2<sup>ο</sup> π. Χ. αιώνα γεννήθηκε ο Ερατοσθένης, ο οποίος πρώτο-μέτρησε την περιφέρεια της Γης(την υπολόγισε γύρω στα 42.000 χλμ.), παρατηρώντας τις διαφορετικές γωνίες των ηλιακών σκιών σε διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη.



Χειρόγραφο του 10<sup>ου</sup> αιώνα για τους υπολογισμούς του Αρίσταρχου για τα συγκριτικά μεγέθη και τις αποστάσεις Ήλιου-Γης-Σελήνης

Από όλους τους αρχαίους φιλοσόφους, ένας από τους πραγματικά σημαντικούς παρατηρησιακούς αστρονόμους ήταν ο Ίππαρχος που έζησε γύρω στα 150 π. Χ. Ο Ίππαρχος κατόρθωσε να υπολογίσει τη διάρκεια του έτους με ακρίβεια που υστερούσε μόνο πέντε λεπτά και ανακάλυψε τη μετακίνηση του ουράνιου πόλου(τη μετάπτωση των ισημεριών) παρότι δεν κατόρθωσε να την εξηγήσει. Θεμελίωσε την μαθηματική γεωγραφία και κατανόησε και ανέλυσε ένα πλήθος από άλλα ουράνια φαινόμενα. Αν και απέρριψε την ιδέα του Αρίσταρχου, ωστόσο και μόνο η σύνταξη του περίφημου καταλόγου του με 850 αστέρες, αρκεί για να τον καθιερώσει ανάμεσα στους μεγαλύτερους αστρονόμους όλων των εποχών.

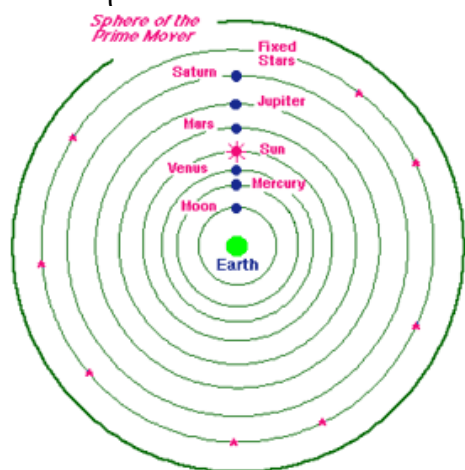
Το πολυπλοκότερο πάντως από τα γεωκεντρικά συστήματα δημιουργήθηκε από τον Κλαύδιο Πτολεμαίο (108 – 168 μ. Χ.), τον τελευταίο μεγάλο Έλληνα αστρονόμο της αρχαιότητας, στην Αλεξάνδρεια το 20 αιώνα μ. Χ.. Ο Πτολεμαίος ήταν βασικά ένας θεωρητικός ερευνητής που στήριξε τις απόψεις του σε μεγάλο βαθμό στις παρατηρήσεις και τα στοιχεία που είχε συγκεντρώσει ο Ίππαρχος. Είναι γνωστός κυρίως για το μεγάλο έργο του, τη «Μεγίστη Μαθηματική Σύνταξη», γνωστή και ως «Αλμαγέστη» (από την ονομασία που της έδωσαν οι Άραβες), η οποία είναι μία πραγματεία περί μαθηματικών και αστρονομίας που περιείχε τις εργασίες πολλών Ελλήνων αστρονόμων, καθώς και τις δικές του μελέτες σε συνολικά 13 τόμους, γεγονός που τον κατέστησε αδιαμφισβήτητη αυθεντία για 12 αιώνες.

Το πιο βαρύγδουπο, όμως, όνομα Έλληνα φιλοσόφου, που επηρέαζε τον επιστημονικό κόσμο για πολλούς αιώνες, ήταν αυτό του Αριστοτέλη(384 – 322 π. Χ.). Ο Αριστοτέλης υποστήριξε και αυτός τη σφαιρικότητα της γης και έδωσε δύο βασικούς λόγους για να στηρίξει τη θεωρία του αυτή. Πρώτον, σημείωσε ότι η γήινη σκιά έκανε πάντα μία κυκλική στεφάνη πάνω στο φεγγάρι κατά τη διάρκεια μίας

σεληνιακής έκλειψης, η οποία μπορούσε να εξηγηθεί μόνο αν η γη ήταν σφαιρική (εάν η γη ήταν ένας δίσκος, η σκιά της θα φαινόταν ως επιμηκυμένη έλλειψη, τουλάχιστον κατά τη διάρκεια της έκλειψης). Δεύτερον, ο Αριστοτέλης γνωρίζοντας πως άνθρωποι που ταξίδεψαν προς το Βορρά, είδαν τον Πολικό Αστέρα να ανατέλλει υψηλότερα στον ουρανό, ενώ προς τον Νότο είδαν τον Πολικό Αστέρα να βυθίζεται, συμπεράνανε πως σε μία επίπεδη γη, οι θέσεις των αστερών δε θα μεταβάλλονταν με την τοποθεσία της παρατήρησης.

Περίπου το 330 π. Χ. ο Αριστοτέλης αναγνώρισε ότι ο ήλιος και η σελήνη είναι σφαίρες, και ότι οι τροχιές τους γύρω από τη γη είναι κυκλικές. Έδειξε ότι οι κινήσεις των πλανητών θα μπορούσαν να κατασκευαστούν από ένα συνδυασμό διάφορων κυκλικών κινήσεων. Αλλά μετά από προσεκτική μελέτη αποφάσισε ότι ο ήλιος δεν ήταν το κέντρο αυτών των τροχιών, έτσι επέλεξε τη γη ως το κέντρο του πλανητικού μας συστήματος.

Ο Αριστοτέλης εξήγησε σωστά τις εκλείψεις του ήλιου και της σελήνης. Έκανε ακόμη και μία σωστή εκτίμηση της γήινης ακτίνας. Επιπλέον, αναγνώρισε ότι τα αστέρια πρέπει να είναι πολύ απόμακρα και υποστήριξε ότι ήταν και αυτά σφαιρικά και έθεσε ως αίτημα ότι αυτά θα πρέπει να βρίσκονται πέρα από μια ορισμένη απόσταση.



*Aristotle's Universe*

Η όψη του κόσμου σύμφωνα με την Αριστοτελική άποψη

Παρ' όλες τις αποδείξεις που προέβλεπαν οι φιλόσοφοι για την σφαιρικότητα της γης, πολλοί άνθρωποι πίστευαν σε μία γη επίπεδη για πολλούς αιώνες. Τότε, η επίσημη άποψη ήταν ότι όσα είχαμε να μάθουμε για το σύμπαν ήταν ήδη γνωστά. Η γη θεωρούνταν το κέντρο του σύμπαντος, ήταν ακίνητη και γύρω της περιφέρονταν όλοι οι τότε γνωστοί πλανήτες (Ερμής, Αφροδίτη, Άρης, Δίας, Κρόνος) καθώς επίσης και ο ήλιος και η Σελήνη που κατατάσσονταν και αυτοί στους πλανήτες. Οι ελάχιστοι που πρότειναν ιδέες, οι οποίες αργότερα αποδείχτηκαν πιο σωστές δεν ήταν παρά μεμονωμένες φωνές «βοώντων εν τη

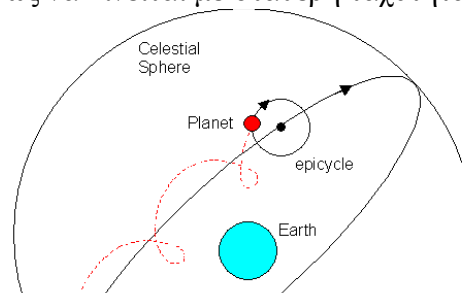
ερήμω». Μόνο πολύ αργότερα, το 16<sup>ο</sup> αιώνα, με την εμφάνιση αρκετών μεγαλοφυών ανθρώπων, έγινε εφικτή μία επανάσταση που μορφοποίησε ολόκληρο τον κλάδο της αστρονομίας αλλά και άλλων επιστημών.

Για να εκτιμήσουμε τα επιτεύγματα του Αριστοτέλη, πρέπει να συνειδητοποιήσουμε ότι καμία σημαντική πρόοδος δε σημειώθηκε στις αντιλήψεις για τη δομή και την εικόνα του κόσμου για 1900 χρόνια, έως ότου ο Κοπέρνικος τεκμηριώσει την πραγματική υπόσταση του πλανητικού μας συστήματος. Ακόμα και η εξέλιξη αυτή όμως, έγινε στα πλαίσια μία προσπάθειας βελτίωσης των παρατηρήσεων του Αριστοτέλη για τις πλανητικές τροχιές.

Για τη πλειονότητα των αρχαίων αστρονόμων, οι ακριβείς προβλέψεις των θέσεων των πλανητών ισοδυναμούσαν με την κατανόηση της λειτουργίας του σύμπαντος. Τα πιο απόμακρα αστέρια αποτελούσαν απλά το φόντο για την πραγματοποίηση της πλανητικής δράσης. Ο Πτολεμαίος, ανέπτυξε ένα αποτελεσματικό σύστημα για τη λειτουργία το κόσμου, όπως αναφέρεται στη «Μέγιστη Μαθηματική Σύνταξη». Η θεωρία του βασίστηκε αρκετά στην εργασία του προκατόχου του Ιπάρχου, έτσι ο Πτολεμαίος σχεδίασε ένα γεωκεντρικό μοντέλο το

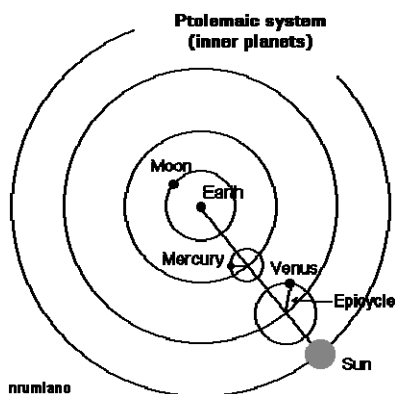
οποίο επικράτησε για αιώνες. Το ότι μπόρεσε να προβλέψει ικανοποιητικά τις θέσεις των πλανητών, τοποθετώντας τη γη στο κέντρο του κόσμου, οφειλόταν στις μαθηματικές του ικανότητες. Έτσι μπόρεσε να κάνει το μοντέλο του, να συμφωνεί με την αρχαία ελληνική πεποίθηση της τελειότητας των Ουρανών, και ο κάθε πλανήτης να ακολουθεί μία κυκλική τροχιά και συγχρόνως να κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Οι μεγαλύτερες δυσκολίες που έπρεπε να υπερνικήσει εξηγούσαν τις μεταβαλλόμενες ταχύτητες και τις περιστασιακές ανάδρομες κινήσεις των πλανητών. Την κίνηση αυτή δικαιολόγησε βάζοντας τον εκάστοτε πλανήτη να κινείται κατά μήκος ενός μικρού κύκλου, που ονομάστηκε φέροντας ή οδηγός κύκλος. Ο φέροντας κύκλος με τη σειρά του ακολουθούσε μία κυκλική τροχιά με κέντρο τη γη.



Η ερμηνεία του Πτολεμαίου για την παλινδρομική κίνηση των πλανητών με τη χρήση επικύκλων

Όταν αυτό το σχέδιο κόντευε να ολοκληρωθεί, ο Πτολεμαίος αντιλαμβανόμενος κάποια λάθη έκανε ορισμένες διορθώσεις. Τοποθέτησε τη γη ελαφρώς πιο μακριά από το κέντρο του φέροντος κέντρου ( μια γη που δε βρίσκεται στο κέντρο αυτού του κύκλου, μοιάζει με το σημερινό σύστημα, όπου ο ήλιος καταλαμβάνει το ένα κέντρο μιας έλλειψης). Ακόμη όρισε πως το κέντρο της κίνησης του επικύκλου διατηρεί μία σταθερή γωνιακή ταχύτητα γύρω από ένα τρίτο σημείο, το οποίο βρίσκεται στην αντίθετη πλευρά του κέντρου του φέροντος κύκλου από τη γη. Αυτές οι τροποποιήσεις επέτρεψαν στον Πτολεμαίο, να προβλέψει τις θέσεις των πλανητών με λογική – αν και κάθε άλλο παρά ιδανική – ακρίβεια.



Το Πλανητικό Σύστημα του Πτολεμαίου

Το σύστημα του Πτολεμαίου, ακόμη και στην τελική μορφή του, παρουσίαζε, λόγω της εσφαλμένης – όπως γνωρίζουμε σήμερα – φύσης του, κενά και αντιθέσεις. Παρ' όλα αυτά οι αριστοτελικές θέσεις ήταν σύμφωνες με τις Χριστιανικές αντιλήψεις για τον κόσμο με αποτέλεσμα να μην τολμά κανείς ή να μην έχει τα μέσα να ανατρέψει αυτές τις θεωρίες για πολλούς από τους επόμενους αιώνες.

Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα δυστυχώς η περισσότερη από τη γνώση της Αρχαίας Ελλάδας για την αστροφυσική χάθηκε στην Ευρώπη, αν και κομμάτια της συντηρήθηκαν από

τους Άραβες.

Η αναγέννηση όμως στην αστροφυσική δεν ήρθε, όταν οι αστρονόμοι μετέβαλαν το θεωρητικό πλαίσιο του Αριστοτέλη, με τις εργασίες του Γαλιλαίου στην αρχή του 17<sup>ου</sup> αιώνα. Η αληθινή αναγέννηση ήρθε μόνο κατά τη διάρκεια του 12<sup>ου</sup> και του 13<sup>ου</sup> αιώνα, όταν ανακαλύφθηκαν εκ νέου οι εργασίες του Αριστοτέλη από τους Ευρωπαϊκούς μελετητές.

## Μεσαίωνας

Ο Μεσαίωνας υπήρξε περίοδος οπισθοδρόμησης των επιστημών. Ο φόβος της Ιεράς Εξέτασης και ο σκοταδισμός απέτρεπε κάθε πρόοδο. Η εγκατάλειψη του ηλιοκεντρικού συστήματος και η παγιοποίηση του γεωκεντρικού ήταν επιβεβλημένη από την «Χριστιανική Ηθική».

Αν θεωρήσουμε το έργο του Πτολεμαίου ως το τελευταίο για την αστρονομία στον αρχαίο κόσμο, το επόμενο βήμα χρειάστηκε 14 αιώνες για να πραγματοποιηθεί. Η Ευρώπη ασφυκτιούσε από τον κλοιό του σκοταδισμού για εκατοντάδες χρόνια, μέχρι την άνθιση της Αναγέννησης.

Ωστόσο, κατά την περίοδο του Μεσαίωνα, υπήρξε πρόοδος στην αστρονομία από Άραβες αστρονόμους όπως ο Al-Farghani τον 9<sup>ο</sup> αιώνα, ο Al-Battani που μελέτησε την τροχιά του Ήλιου και ο Ibn-Zuni που σημείωνε τις εκλείψεις του Ήλιου και της Σελήνης.

Μόλις η Ευρώπη άρχισε να βγαίνει από το διανοητικό της λήθαργο, η αρχαία γνώση των Ελλήνων επέστρεψε στη Δύση μέσω της Μαυριτανικής Ισπανικής πόλης του Τολέδο, όπου υπήρχε μία εξαιρετική Ισλαμική βιβλιοθήκη. Όταν η πόλη πέρασε από τα χέρια των Μαυριτανών στα χέρια του Ισπανού βασιλιά Αλφόνσο ΣΤ΄ το 1085, λόγιοι από όλη την Ευρώπη είχαν την άνευ προηγουμένου ευκαιρία της πρόσβασης



Η *Αλμαγέστη* στα Αραβικά

σε ένα από τα πιο σημαντικά θησαυροφυλάκια της γνώσης σε όλο τον κόσμο. Τα περιεχόμενα έργα στη βιβλιοθήκη ήταν γραμμένα στα Αραβικά, έτσι η πρώτη ενέργεια ήταν να ιδρυθεί ένα μεταφραστικό γραφείο βιομηχανικής κλίμακας και έτσι κείμενα των Αράβων αστρονόμων μεταφράστηκαν στα Λατινικά γύρω στον 12<sup>ο</sup> αιώνα, με αποτέλεσμα να

γίνουν γνωστά στη Μεσαιωνική Ευρώπη. Οι περισσότεροι μεταφραστές εργάζονταν με τη βοήθεια ενδιάμεσου μεταφραστή, που μετέφραζε πρώτα από τα Αραβικά στα δημόδη Ισπανικά, τα οποία κατόπιν μεταφράζονταν στα Λατινικά.

Χάρη στις προσπάθειες πολλών μεταφραστών, οι Ευρωπαίοι λόγιοι μπορούσαν πια να εξοικειωθούν και πάλι με τα γραπτά του παρελθόντος και η αστρονομική έρευνα στην Ευρώπη αναζωογονήθηκε. Παραδόξως, η πρόοδος σταμάτησε, διότι υπήρχε τόσος σεβασμός για τα γραπτά των Αρχαίων Ελλήνων ώστε κανείς δεν τολμούσε να αμφισβητήσει το έργο τους. Θεωρούνταν δεδομένο ότι οι κλασικοί λόγιοι γνώριζαν όλα όσα θα μπορούσαν ποτέ να γίνουν κατανοητά, έτσι βιβλία όπως η *Αλμαγέστη* αντιμετωπιζόνταν σαν Ευαγγέλια. Και αυτό, παρά το γεγονός ότι οι αρχαίοι είχαν κάνει ορισμένα από τα μεγαλύτερα σφάλματα που μπορούμε να φανταστούμε.

Έπρεπε ο κόσμος να περιμένει μέχρι το 16<sup>ο</sup> αιώνα, για να αμφισβητηθεί το σύστημα του Πτολεμαίου και η κοσμολογία των Ελλήνων από τον Κοπέρνικο που επινόησε εκ νέου το ηλιοκεντρικό σύστημα του Αρίσταρχου.

Είναι ευτύχημα που το έργο του Αρίσταρχου δε χάθηκε κατά το Μεσαίωνα, η αντιγραφή του οποίου έγινε στα Λατινικά και για πρώτη φορά κυκλοφόρησε το 1448.

Παρ' όλα αυτά, κατά τη διάρκεια των Μεσαιωνικών χρόνων αναπτύχθηκε μία θεωρία ως αντίδραση στην Αριστοτελική αναπαράσταση της κίνησης και ιδιαίτερα στην ερμηνεία της κίνησης των βλημάτων. Η θεωρία αυτή ήταν το Impetus. Σύμφωνα με την κυρίαρχη Αριστοτελική θεωρία η δύναμη που είναι υπεύθυνη για την κίνηση του βλήματος προέρχεται από το μέσον μέσα στο οποίο αυτό μετατοπίζεται, με άλλα λόγια το αίτιο της κίνησης βρίσκεται εξωτερικά του αντικειμένου. Πολλοί άλλοι, από πολύ παλιά, αμφισβήτησαν την αριστοτελική θεωρία θεωρώντας ως αίτιο υπεύθυνο της κίνησης κάτι που μεταδίδεται στο κινητό, επομένως είναι μία «δύναμη» εσωτερική. Το Impetus δεν είναι τίποτα άλλο παρά αυτή ακριβώς η εσωτερική



δύναμη και θεωρείται από πολλούς ερευνητές ως πρόδρομος των εννοιών της ορμής και της κινητικής ενέργειας.

Τα πρόσωπα που πρωταγωνιστούν στην εξέλιξη της έννοιας του Impetus είναι (κατά χρονολογική σειρά) ο Ίππαρχος (2<sup>ος</sup> αιώνας π. Χ.), ο Φιλόπονος (6<sup>ος</sup> αιώνας), ο Αβικέννας (11<sup>ος</sup> αιώνας), ο Buridan (14<sup>ος</sup> αιώνας), ο Albert of Saxony (14<sup>ος</sup> αιώνας) και ο Γαλιλαίος (16<sup>ος</sup> αιώνας). Κυριότερος εκπρόσωπος της θεωρίας της όρμισης, ή αλλιώς Impetus φαίνεται να είναι ο Buridan.

**Impetus.** Το 2<sup>ο</sup> αιώνα π. Χ. ο Έλληνας αστρονόμος και μαθηματικός Ίππαρχος διατύπωσε μία δική του θεωρία για την κατακόρυφη βολή προς τα πάνω, μία θεωρία διαφορετική από αυτή του Αριστοτέλη. Σύμφωνα με τον Ίππαρχο μεταδίδεται στο σώμα κάτι που αρχικά υπερτερεί του βάρους του, με αποτέλεσμα αυτό να ανέρχεται. Στη συνέχεια αυτό το κάτι μειώνεται, και κάποια στιγμή ελαχιστοποιείται αρκετά έτσι ώστε το σώμα να ξεκινά μία νέα πορεία, αυτή τη φορά καθοδική.

Τον 6<sup>ο</sup> αιώνα, ο Φιλόπονος, γνωστός ως ένας από τους σχολιαστές του Αριστοτέλη, αμφισβήτησε τις ερμηνείες του για την κίνηση των βλημάτων. Συγκεκριμένα ο Φιλόπονος θεώρησε ότι δεν είναι το μέσον (ο αέρας), υπεύθυνο για την κίνηση μιας πέτρας που πετιέται αλλά μία δύναμη που μεταβιβάζεται από το χέρι στην πέτρα τη στιγμή που εκτοξεύεται. Η θεωρία του Φιλόπονου για την κίνηση, δέχεται πως μία κίνηση είναι δυνατή ακόμη και στο κενό σε αντίθεση με τον Αριστοτέλη που την απέρριπτε.

Μερικούς αιώνες αργότερα (11<sup>ος</sup> αιώνας) ο Άραβας φιλόσοφος Αβικέννας, φέρνει ξανά στην επιφάνεια τα προβλήματα και τις αντιφάσεις της Αριστοτελικής θεωρίας για την κίνηση. Ο Αβικέννας υποστηρίζει ότι, κατά την οριζόντια βολή, το βλήμα περνάει από δύο φάσεις: αρχικά κινείται ευθύγραμμα μέχρι να εξαντληθεί η όρμισή του, οπότε κάποια στιγμή ενεργεί το βάρος του και έχουμε την κατακόρυφη πτώση του βλήματος.

Ο Γάλλος Buridan (14<sup>ος</sup> αιώνας) ακολουθώντας τη σκέψη του Φιλόπονου, πρώτος έδωσε το όνομα Impetus (ρύμη ή όρμιση) στο αίτιο της κίνησης των βλημάτων και συνόψισε μία νέα θεωρία που αντικατέστησε την Αριστοτελική τουλάχιστον για δύο αιώνες:

«Όταν ένας άνθρωπος θέτει σε κίνηση ένα σώμα, του μεταβιβάζει μία ορισμένη όρμιση (impetus), δηλαδή μία ορισμένη δύναμη που επιτρέπει στο σώμα να μετακινείται κατά την κατεύθυνση που του επιβάλλεται: προς τα πάνω, προς τα κάτω, προς τα πλάγια ή ακόμα και σε κύκλο. Χάρη σε αυτή την όρμιση, μία πέτρα συνεχίζει να κινείται ακόμη και μετά την απομάκρυνσή της από το χέρι αυτού που την πέταξε.»

Επιπλέον οι υποστηρικτές της θεωρίας για να εξηγήσουν το γεγονός ότι ένα σώμα που κινείται καταλήγει στην ηρεμία, οδηγήθηκαν στην ιδέα ότι η όρμιση σιγά - σιγά εξαντλείται. Μερικοί υποστήριζαν ότι η όρμιση εξαντλείται αυθόρμητα ενώ κάποιοι άλλοι, μεταξύ των οποίων και ο Buridan, πίστευαν ότι υπεύθυνος για αυτή τη μείωση είναι εξωτερικές επιδράσεις στο σώμα όπως για παράδειγμα οι τριβές.

Οι δύο θεωρίες, του Αριστοτέλη και του Buridan, έχουν ένα κοινό σημείο: Κάθε κίνηση οφείλει να έχει ένα αίτιο. Η συνεχής δράση μιας δύναμης θεωρείται αναγκαία για να διατηρείται η κίνηση ενός σώματος, κάτι που έρχεται σε αντίθεση με τη Νευτώνεια Μηχανική.

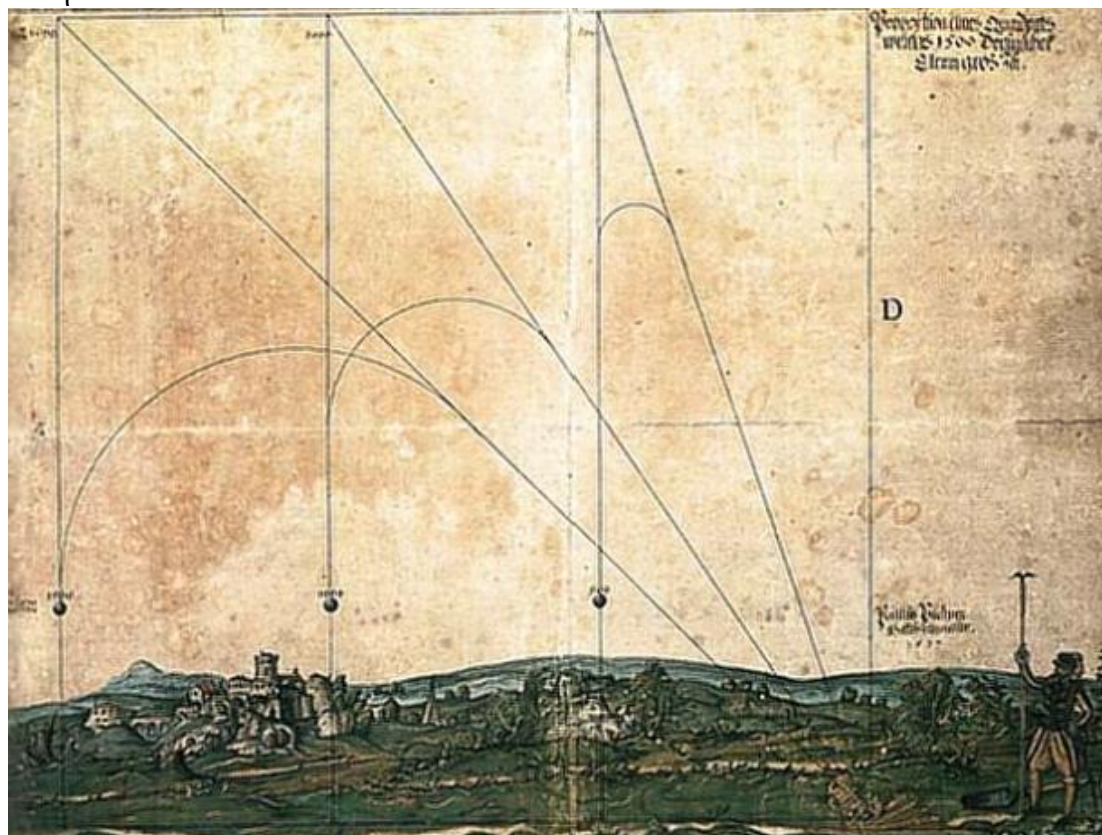


Από το έργο του J. Buridan, *De Anima (Περί Κινήσεως)*

Η θεωρία του Buridan διαδόθηκε γρήγορα και έγινε αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα της εποχής.

Στηριζόμενος στη θεωρία του Buridan, ο Γερμανός φιλόσοφος Albert of Saxony, έδωσε μία λεπτομερή προσέγγιση της πλάγιας βολής ενός σώματος. Σύμφωνα με αυτόν η κίνηση του βλήματος περνάει από τρεις φάσεις

Αρχικά, το σώμα κινείται ευθύγραμμα, κατά την κατεύθυνση που εκτοξεύτηκε, χάρη στην όρμιση που του μεταβιβάστηκε. Στη συνέχεια, η όρμιση του σώματος εξαντλείται σιγά – σιγά και κάποια στιγμή το βάρος του προκαλεί απόκλιση της τροχιάς από την αρχική κατεύθυνση. Έτσι, κατά τη διάρκεια της δεύτερης φάσης, το βλήμα κινείται κάτω από την επίδραση της αρχικής όρμισης και του βάρους του. Τέλος, κατά τη Τρίτη φάση της κίνησης, η αρχική όρμιση έχει εξαντληθεί ολοκληρωτικά και το σώμα πέφτει κατακόρυφα για να καταλήξει στη «φυσική» του θέση.



Οι τρεις φάσεις της πλάγιας βολής ενός σώματος σύμφωνα με τον Albert of Saxony

Το 16<sup>ο</sup> αιώνα, όταν ο Γαλιλαίος έγραψε το βιβλίο του «*De Motu*» («Περί Κινήσεως», 1590), φάνηκε καθαρά πως είχε υιοθετήσει τη θεωρία του Buridan που κατείχε την πρώτη θέση σε όλες τις πρωτοποριακές μελέτες της μηχανικής την οποία όμως αργότερα εγκατέλειψε.

Η θεωρία του Impetus κατέρρευσε μετά την επικράτηση της Νευτώνειας Μηχανικής το 17<sup>ο</sup> αιώνα.

### **Μετά το Μεσαίωνα - Αναγέννηση**

Ο πρώτος από τους φημισμένους αστρονόμους της Αναγέννησης, και ο θεωρούμενος ως ο θεμελιωτής της νεότερης αστρονομίας, ήταν ο Νικόλαος Κοπέρνικος (1473-1543). Ο Κοπέρνικος ήταν ένας Πολωνός κληρικός με κύριο ενδιαφέρον του την αστρονομία, στην οποία και αφιέρωσε ολόκληρη την ιδιωτική του ζωή, κάνοντας τις ουράνιες παρατηρήσεις του δια γυμνού οφθαλμού, στην

προσπάθεια να βρει μία λογικότερη εικόνα του ουρανού, την οποία και διατύπωσε, με την τελική της μορφή, στο βιβλίο του «*De revolutionibus ordium coelestium, libri VI*» («Εξάτομο βιβλίο σχετικά με τις περιστροφικές κινήσεις των ουράνιων σωμάτων»). Το βιβλίο ολοκληρώθηκε το 1530 και τυπώθηκε το χρόνο του θανάτου του, το 1543.

Ο Κοπέρνικος θεωρώντας το γεωκεντρικό σύστημα υπερβολικά πολύπλοκο και θέλοντας να αποδείξει ότι η λειτουργία του φυσικού κόσμου θα πρέπει να είναι απλή, έκανε ένα μεγάλο άλμα προς τα εμπρός υποστηρίζοντας το ηλιοκεντρικό σύστημα και υπήρξε ο πρώτος που το τόλμησε στη σύγχρονη εποχή (1507). Εξάλλου, γνώριζε ήδη τις απαρχές αυτής της θεωρίας έχοντας μελετήσει τις πρωτότυπες εργασίες, πολλών αρχαίων Ελλήνων συγγραφέων, όπως μας πληροφορεί σε μία περικοπή του συγγράμματός του «*De revolutionibus*»<sup>1</sup>, και έτσι στην ουσία επανέφερε την ιδέα ενός συστήματος που είχε συλληφθεί από τον Αρίσταρχο το Σάμιο 1700 χρόνια νωρίτερα. Ο Κοπέρνικος διαπίστωσε αρχικά, κάνοντας εκτεταμένες μελέτες για τον ήλιο, ότι το γεωκεντρικό σύστημα δεν έδινε επαρκείς απαντήσεις στις μακροπρόθεσμες μελέτες για τη θέση των πλανητών ενώ αναγνώρισε επίσης ότι οι κινήσεις τους θα μπορούσαν να εξηγηθούν με την τοποθέτηση του ήλιου στο κέντρο του κόσμου αντί της γης, οπότε και διατύπωσε τη θεωρία του για την ύπαρξη ενός συστήματος σφαιρών, που έδινε μία εναλλακτική ερμηνεία για την παρατηρούμενη κίνηση των ουράνιων σωμάτων από αυτή που έδινε το Πτολεμαϊκό. Συνέχισε,



Το Πλανητικό Σύστημα του Κοπέρνικου όπως το παρουσίασε στο *De Revolutionibus*

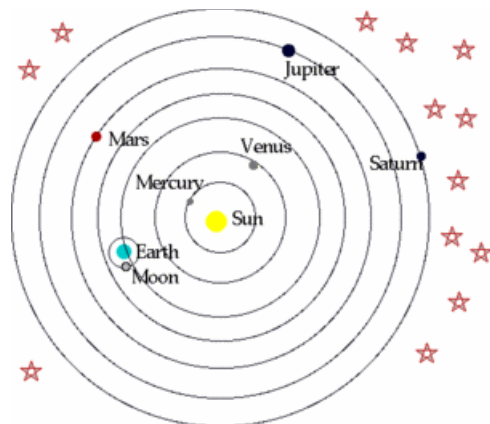
αναφερόμενος στην κίνηση των πλανητών, υποστηρίζοντας ότι η γη εκτελεί καθημερινά μια πλήρη περιστροφή γύρω από τον άξονά της, ενώ σε χρονικό διάστημα ενός έτους πραγματοποιεί μια πλήρη περιστροφή γύρω από τον ήλιο, ο οποίος παραμένει ακίνητος. Κατά την άποψή του, η γη ήταν απλά ένας από τους πλανήτες που περιστρέφονται γύρω από τον ήλιο, και η καθημερινή κίνηση των αστεριών και των πλανητών ήταν μία αντανάκλαση της περιστροφής της, γύρω από τον άξονά της. Το αστρονομικό του σύστημα δεν ήταν απλούστερο από το Πτολεμαϊκό. Ωστόσο εξακολουθούσε να πιστεύει ότι οι πλανήτες κινούνται σε ομαλή κυκλική κίνηση.

Κατά την ηλιοκεντρική άποψη του Κοπέρνικου για τον κόσμο, η περιστασιακή ανάδρομη κίνηση των πλανητών, οφείλεται στις συνδυασμένες κινήσεις της γης και των πλανητών. Καθώς οι ταχύτητες της γης γύρω από τον ήλιο είναι μεγαλύτερες, προσπερνά περιοδικά τους εξωτερικούς πλανήτες. Όπως ένας πιο αργός δρομέας σε έναν εξωτερικό διάδρομο στο στάδιο των αγώνων, έτσι και ο πιο μακρινός πλανήτης εμφανίζεται να κινείται προς τα πίσω σχετικά με τη γη.

Από επιστημονική άποψη η θεωρία του Κοπέρνικου απαιτούσε δυο σημαντικές μεταβολές απόψεων. Η πρώτη από αυτές αφορούσε στο μέγεθος του σύμπαντος. Οι αστέρες φαίνονταν να παραμένουν ακριβώς στις ίδιες καθορισμένες θέσεις τους, αλλά αν η γη βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τον ήλιο, οι θέσεις των αστεριών θα έπρεπε να αλλάζουν. Με το μοντέλο του εξήγησε γιατί οι δύο πλανήτες που είναι πιο κοντά στον ήλιο, ο Ερμής και η Αφροδίτη, δεν απομακρύνονται ποτέ από αυτόν πάνω στον ουρανό η ουράνια σφαίρα βρίσκεται στην πραγματικότητα πολύ μακριά, έτσι δε γίνονται αισθητές αυτού του είδους οι μεταβολές. Η διαπίστωση αυτή του

<sup>1</sup> Η περικοπή αυτή υπάρχει στο πρωτότυπο χειρόγραφο του Κοπέρνικου στη βιβλιοθήκη του Πανεπιστημίου της Βαρσοβίας





Ο Κόσμος κατά τον Κοπέρνικο

επέτρεψε να υπολογίσει σε κατά προσέγγιση, την κλίμακα του ηλιακού μας συστήματος για πρώτη φορά και οδήγησε στην εικόνα ενός σύμπαντος πολύ πιο εκτεταμένου απ' ό,τι πίστευαν μέχρι εκείνη την εποχή-μέχρι τότε πίστευαν στις θεωρίες του Πτολεμαίου ότι το σύμπαν ήταν ένα πεπερασμένος σφαιρικός χώρος πέρα από τον οποίο δεν υπήρχε τίποτα. Βέβαια το μοντέλο του Κοπέρνικου είχε προβλήματα. Ήταν, λανθασμένα όπως αποδείχτηκε αργότερα από τον Kepler, προσκολλημένος ακόμα στην κλασική ιδέα ότι οι πλανήτες πρέπει να κινούνται σε

κυκλικές τροχιές με σταθερές ταχύτητες, όπως υποστήριζε και ο Πτολεμαίος. Στο μοντέλο αυτό οι τροχιές ήταν κυκλικές μέσα σε άλλους κύκλους( θεωρία των επίκυκλων, ο Κοπέρνικος χρησιμοποίησε 48 επικύκλους για να αναπαραστήσει τις πλανητικές θέσεις) με αποτέλεσμα να μην μπορούν να προβλεφθούν με λογική ακρίβεια οι θέσεις των ουράνιων σωμάτων ούτε και με τη χρήση του νέου αυτού μοντέλου για το πλανητικό σύστημα. Η δεύτερη από τις παραπάνω μεταβολές απόψεων αφορούσε την αιτία για την οποία τα σώματα πέφτουν προς το έδαφος. Σύμφωνα με το ηλιοκεντρικό σύστημα, η γη δεν συμπίπτει πλέον με το κέντρο του Σύμπαντος, και άρα έπρεπε να αναζητηθεί μια καινούρια ερμηνεία. Η ανάγκη επαναπροσδιορισμού των νόμων που διέπουν την ελεύθερη πτώση των σωμάτων, οδήγησε τελικά στη διαμόρφωση της αρχής του Newton για την παγκόσμια έλξη.

Ο ίδιος ο Κοπέρνικος μιλώντας και για τα συμπεράσματά του, σχετικά με την σχεδόν άπειρη απόσταση των άστρων, γράφει :

*«Νομίζω πως είναι ευκολότερο να το πιστέψω αυτό, παρά να δημιουργώ σύγχυση δεχόμενος έναν αριθμό σφαιρών, όπως πρέπει να κάνουν εκείνοι που διατηρούν στο κέντρο τη γη. Έτσι ακολουθούμε μάλλον τη φύση που, χωρίς να δημιουργεί τίποτα το άχρηστο ή περιττό, προτιμά, συχνά, να προικίζει μια αιτία με πολλά αποτελέσματα.»*

Και ύστερα, αφού περιγράφει τις πλανητικές τροχιές, τη μια μετά την άλλη, καταλήγει :

*«Στη μέση βρίσκεται θronιασμένος ο ήλιος. Σ' αυτό τον υπερθαυμάσιο ναό θα μπορούσαμε να τοποθετήσουμε τούτο το φωτιστικό σώμα σε θέση καλύτερη, απ' όπου θα μπορούσε να φωτίζει μονομιάς τα πάντα; Δίκαια, τον λένε Λαμπάδα, Νοθ, Κυρίαρχο του Σύμπαντος. Ο Ερμής ο Τρισμέγιστος τον ονομάζει ορατό Θεό, η Ηλέκτρα του Σοφοκλή τον λέει Παντοβλέπτη. Έτσι, ο ήλιος κάθεται σαν επάνω σε θρόνο βασιλικό, κυβερνώντας τα τέκνα του, τους Πλανήτες, που κυκλοφέρνουν γύρω του. Η γη, έχει στην υπηρεσία της τη Σελήνη. Καθώς λέει ο Αριστοτέλης στο «Περί Ζώων» του : η σελήνη έχει κοντινότερη συγγένεια με τη γη. Στο μεταξύ, η γη γονιμοποιείται από τον ήλιο και κνοφορεί, ζαναγεννώντας κάθε χρόνο.»*

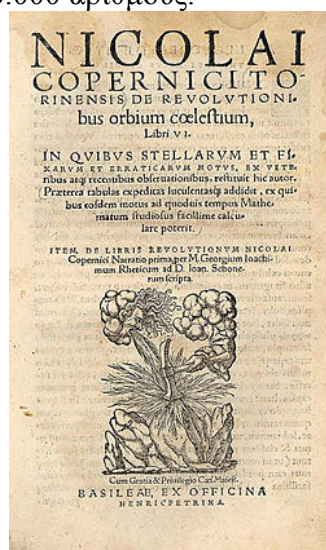
Επιπλέον, ο Κοπέρνικος σημειώνει για το έργο και τις θεωρίες του, πως εάν το δικό του σύστημα αύξανε την ακρίβεια των αστρονομικών προβλέψεων, τότε θα επέτρεπε στην Εκκλησία να αναπτύξει ένα ακριβέστερο ημερολόγιο, κάτι που αποτελούσε έναν από τους κύριους λόγους που η Εκκλησία χρηματοδοτούσε την αστρονομική έρευνα .



Παρά τη βασική αλήθεια του μοντέλου του, ο Κοπέρνικος δεν απέδειξε ότι η γη κινείται γύρω από τον ήλιο, άποψη που αφέθηκε για τους επόμενους αστρονόμους. Το έργο του Κοπέρνικου αν και δικαιολογημένα δεν είναι από μόνο του ολοκληρωμένο, έθεσε τα θεμέλια για τη σύγχρονη επιστήμη ενώ είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με τις μελέτες και τις ανακαλύψεις μεταγενέστερων μεγάλων ονομάτων της επιστήμης όπως του Kepler, του Γαλιλαίου και του Newton.

### **Το έργο του Κοπέρνικου και αντιδράσεις στη θεωρία του**

Το έργο ζωής του Κοπέρνικου, «*De Revolutionibus Orbium Coelestium Libri VI*» («Έξι Βιβλία για τις Περιστροφές των Ουράνιων Σφαιρών»), υπήρξε το αποτέλεσμα δεκαετιών εργασίας. Ενσωματώνει περισσότερα από χίλια χρόνια αστρονομικών παρατηρήσεων με διάφορους βαθμούς ακριβείας. Περιέχει εκατό σελίδες πινάκων με πάνω από 20.000 αριθμούς.



Τα έξι βιβλία του έργου ήταν τα εξής:

1. Γενική εποπτεία της ηλιοκεντρικής θεωρίας και περίληψη της ιδέας του για το σύμπαν.
2. Κυρίως θεωρητικό, παρουσιάζει τις αρχές της Σφαιρικής Αστρονομίας και ένα κατάλογο αστερών, ως βάση για τα επιχειρήματα που θα αναπτύσσονταν στα επόμενα βιβλία.
3. Αναφέρεται κυρίως στις φαινόμενες κινήσεις του ήλιου και σε σχετικά φαινόμενα.
4. Περιγραφή της Σελήνης και των τροχιακών της κινήσεων.
5. Η κυρίως έκθεση του νέου συστήματος.
6. Η κυρίως έκθεση του νέου συστήματος(συνέχεια).

Ο Κοπέρνικος δίσταζε, για μακρύ χρονικό διάστημα, να δημοσιεύσει τις ιδέες του, οι οποίες ήξερε πως ήταν επαναστατικές για την εποχή του και θα έβρισκαν αντίθετη την Εκκλησία. Δίσταζε όμως, κυρίως, γιατί ο ίδιος ήταν τελειομανής και δεν πίστευε ποτέ ότι το έργο του είχε ολοκληρωθεί, αν και το δούλευε για δεκαετίες. Σύμφωνα με τον Κοπέρνικο οι παρατηρήσεις του έπρεπε να ελεγχθούν και επανελεγχθούν. Το έργο του δημοσιεύτηκε τελικά το 1543, λίγο πριν από το θάνατο του συγγραφέα του.

Ορισμένα τμήματα, όμως, του έργου του είχαν κυκλοφορήσει μεταξύ λιγοστών αστρονόμων αρκετά χρόνια πριν τη δημοσίευση του «*De Revolutionibus*». Το 1505

(ή κατ' άλλους από το 1507) είχε αρχίσει να κυκλοφορεί σε χειρόγραφα αντίγραφα ένα συνοπτικό σημείωμα του Κοπέρνικου, αναφερόμενο στην κίνηση των ουράνιων σωμάτων, με το λατινικό τίτλο: «*N. Copernici de hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus*», με το οποίο καθορίζονταν οι βάσεις της ηλιοκεντρικής θεωρίας.

Στα 1539, τρία χρόνια πριν τη δημοσίευση του «*De Revolutionibus*» ο Georg Joachim Rheticus – χαρτογράφος, ιατρός και μαθηματικός – δημοσίευσε το δικό του έργο. Είχε φθάσει στο Frombork για να επισκεφθεί τον Κοπέρνικο με την πρόθεση να περάσει μερικές εβδομάδες μαζί του. Εντυπωσιασμένος όμως από τις θεωρίες του, κατέληξε να μείνει φιλοξενούμενος του για δύο χρόνια, κατά τα οποία συνέγραψε το βιβλίο του, «*Narratio Prima*», στο οποίο σκιαγραφούσε την ουσία της κοπερνίκειας



Το *Narratio Prima* του J.Rheticus

θεωρίας. Το 1542 ο Rheticus δημοσίευσε μία πραγματεία του Κοπέρνικου περί Τριγωνομετρίας, η οποία αργότερα συμπεριλήφθηκε στο δεύτερο βιβλίο του «*De Revolutionibus*». Υπό την ισχυρότατη πίεση του Rheticus, και έχοντας δει την γενικώς ευνοϊκή πρώτη υποδοχή της δουλειάς του, ο Κοπέρνικος συμφώνησε τελικά να παραδώσει το βιβλίο και να επιτρέψει στον Rheticus να το στείλει για εκτύπωση στη Νυρεμβέργη.

Αρχικά το «*De revolutionibus*» δεν προκάλεσε οξείες αντιδράσεις. Χρειάστηκε να περάσουν τρία χρόνια από την πρώτη έκδοση για την πρώτη καταγεγραμμένη αντίδραση. Ο Δομινικανός μοναχός Giovanni Maria Tolosani, συνέγραψε μία πραγματεία αποκηρύσσοντας τη θεωρία του Κοπέρνικου, υπερασπιζόμενος την απόλυτη αλήθεια της Αγίας Γραφής. Η νέα αυτή ιδέα, ότι «ο ήλιος στέκεται στο κέντρο του κόσμου απ' όπου φωτίζει όλους τους πλανήτες» ακούστηκε επαναστατική απέναντι σε αυτά που γνώριζε και πίστευε ο τότε κόσμος, και ιδιαίτερα το εκκλησιαστικό κατεστημένο. Η τότε εκκλησία κήρυττε τη γεωκεντρική θεωρία του Πτολεμαίου, που είχε σαν κέντρο του σύμπαντος τη γη.

Μετά την πρώτη δεκαετία του 17<sup>ου</sup> αιώνα, αρκετοί αστρονόμοι και άλλοι μορφωμένοι άνθρωποι γνώριζαν πλέον για τη νέα θεωρία, δε συμμερίζονταν όμως όλοι τις απόψεις του Κοπέρνικου με αποτέλεσμα να χωριστούν σε δύο στρατόπεδα. Από τη μία στέκονταν οι υποστηρικτές, που αναγνώρισαν και εκτίμησαν τα πλεονεκτήματα που παρουσίαζε η θεωρία του Κοπέρνικου στον υπολογισμό των αστρικών κινήσεων, και από την άλλη οι πολέμιοι της νέας και καινοτόμου αυτής θεωρίας, την οποία δεν έβρισκαν ικανοποιητική, γιατί δεν ήταν δυνατόν για την εποχή εκείνη να διαπιστωθούν μερικές κινήσεις, που θα μπορούσαν να συντελέσουν στην παραδοχή της ηλιοκεντρικής θεωρίας σε αντίθεση προς τη γεωκεντρική.

Η θεωρία ότι «Οι δυνάμεις των ουρανών πρέπει να κινούνται γύρω από τη γη» ήταν εκείνη την εποχή όχι μόνο μία επιστημονική αλήθεια αλλά και ένα θρησκευτικό δόγμα που η Καθολική εκκλησία το κρατούσε σημαία της, σα να το είχε επιβάλλει ο ίδιος ο θεός. Για αυτό και όταν άρχισαν να κυκλοφορούν οι ιδέες του Κοπέρνικου, ενάντια στη γεωκεντρική θεωρία, η τότε πανίσχυρη Καθολική Εκκλησία αντεπιτέθηκε. Το ρεύμα του διωγμού παρέσυρε ακόμη και τους πιο αφοσιωμένους στον Καθολικισμό, όπως τον περίφημο αστρονόμο Γαλιλαίο, που είχε εν τω μεταξύ αναδειχθεί σε θερμό συμπαραστάτη του Κοπέρνικου.

Πολλοί ιστορικοί της επιστήμης έχουν συζητήσει για το λόγο που πέρασαν 60 χρόνια μετά το θάνατο του Κοπέρνικου και την πρώτη έκδοση του έργου του μέχρι την πρώτη επίσημη αντίδραση. Η προσωπικότητα του Γαλιλαίου και η έλλειψη

παρατηρησιακών δεδομένων υπέρ ή κατά της θεωρίας αναφέρονται συχνά ως τέτοιοι λόγοι.

Ο Πάπας Ουρβανός ο Η΄ με τους Καρδινάλιους του, κήρυξαν άγριο πόλεμο εναντίον του Κοπέρνικου και του Γαλιλαίου όχι επειδή το ηλιοκεντρικό τους σύστημα έρχονταν σε αντίθεση με τις Αγίες Γραφές αλλά επειδή η γεωκεντρική θεωρία του Πτολεμαίου, που υποστήριζε την απόλυτη ακινησία της γης, βρισκόταν σε συμφωνία με την ουράνια μηχανική του Αριστοτέλη. Επειδή λοιπόν ο

Αριστοτέλης είχε βαθιά επηρεάσει τη θεωρία του Καθολικισμού στο Μεσαίωνα, η απόρριψη της παλιάς γεωκεντρικής θεωρίας θα ελάττωνε το κύρος του μεγάλου φιλοσόφου –καθώς θα δημιουργούσε σοβαρό ζήτημα σχετικά με την αξιοπιστία του Αριστοτέλη, τον οποίο η Δυτική Εκκλησία είχε αναγάγει σε αλάθητο -, συνεπώς και τη θεολογική θέση της εκκλησίας. Έτσι έγινε φανερό ότι η υποστήριξη της γεωκεντρικής θεωρίας ήταν ουσιαστικά θέμα εκκλησιαστικής εξουσίας. Αυτός ήταν και ο κύριος λόγος που παρακίνησε τον Πάπα να χρησιμοποιήσει κάθε θεμιτό και αθέμιτο μέσο για να σταματήσει τον Κοπέρνικο και όλους όσους τον υποστήριζαν. Τελικά το 1616, ο Καρδινάλιος Bellarmine έδωσε στον Γαλιλαίο μία διαταγή από τον Πάπα να υιοθετήσει τη θέση ότι το ηλιοκεντρικό σύστημα ήταν καθαρά υποθετικό. Μετά από αυτό το βήμα, το «*De Revolutionibus*» εντάχθηκε στον «Κατάλογο



*Index Librorum Prohibitorum,*  
η λίστα της Καθολικής  
Εκκλησίας με τα  
«απαγορευμένα» βιβλία

Απαγορευμένων Βιβλίων» (Index Librorum Prohibitorum) της Ρωμαιοκαθολικής Εκκλησίας. Δεν απαγορεύτηκε επισήμως, αλλά απλώς αποσύρθηκε από την κυκλοφορία «για διορθώσεις που θα διευκρίνιζαν ότι η θεωρία δεν είχε καμία σχέση με την πραγματικότητα», ήταν δηλαδή μία μαθηματική επινόηση. Παρότι όμως ετοιμάστηκαν τέτοιες «διορθώσεις», και έγιναν επισήμως δεκτές το 1620, το βιβλίο δεν ανατυπώθηκε ποτέ με αυτές, και ήταν διαθέσιμο στις ρωμαιοκαθολικές χώρες μόνο μετά από ειδική αίτηση μελετητών με κατάλληλες προϋποθέσεις. Το έργο παρέμεινε στον «Κατάλογο των Απαγορευμένων Βιβλίων» μέχρι το 1835.

Με τη δημοσίευση αυτού του βιβλίου άρχισε η εποχή της λεγόμενης επιστημονικής επανάστασης με την οποία αναιρέθηκαν σταδιακά οι αριστοτελικές απόψεις και διάφορες θρησκευτικές ιδεοληψίες της εποχής και άρχισε να τίθεται η επιστήμη σε ορθολογικές βάσεις.

Την ίδια περίοδο με τον Κοπέρνικο, έζησε και έδρασε, ένας από τους σημαντικότερους παρατηρησιακούς αστρονόμους της Αναγέννησης, ο Tycho Brahe (1546 – 1601). Ο Tycho Brahe ήταν ένας Δανός ευγενής ο οποίος ίδρυσε το πρώτο επιστημονικό ίδρυμα του νεότερου κόσμου, το Uraniborg. Εκεί, με ειδικά



Αναπαράσταση του Uraniborg

κατασκευασμένα όργανα, συγκέντρωσε μια σειρά από ακριβείς παρατηρήσεις για τη θέση των άστρων και των πλανητών που αγχρίστευαν όλα όσα είχαν γίνει προηγουμένως. Κανένας πριν από τον Brahe δεν κατάφερε να κάνει τόσες πολυάριθμες και ακριβείς παρατηρήσεις· παρατηρήσεις οι οποίες δεν ήταν δυνατόν να αποδώσουν κάτι πέρα από στείρα γνώση, αφού τα μαθηματικά εργαλεία που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να μετατρέψουν σε ωφέλιμες τις

πληροφορίες αυτές δεν είχαν ακόμη αναπτυχθεί. Ο Brahe έκανε αυτό που οι άλλοι πριν από αυτόν δεν μπορούσαν ή δεν ήθελαν να κάνουν· χαρτογράφησε τους πλανήτες και τα άστρα με αρκετή ακρίβεια προκειμένου να καθορίσει πιο από τα δύο συστήματα - Κοπερνίκειο και Πτολεμαϊκό - περιγράφει καλύτερα την πραγματική υπόσταση των Ουρανών. Ο ίδιος ήταν επηρεασμένος από το έργο του Κοπέρνικου και παραδόξως χαρακτηρίζεται ως υποστηρικτής του, παρ' ότι προτίμησε ένα δικό του πλανητικό σύστημα, στο οποίο ο ήλιος στρεφόταν γύρω από τη γη, αλλά οι πλανήτες στρέφονταν γύρω από τον ήλιο (το σύστημα αυτό είναι μία εκδοχή του Κοπερνίκειου Συστήματος όπου η γη παραμένει ακίνητη). Στη πράξη, διάλεξε το σύστημα που ταίριαζε καλύτερα με τις παρατηρήσεις του, χωρίς να νοιάζεται για το γεγονός ότι από φυσική άποψη ήταν παράλογο. Στην πραγματικότητα είχε συντρίψει, χωρίς να επιμείνει σ' αυτό, το αριστοτελικό σύστημα, αποδεικνύοντας πως ο Νέος Αστέρης του 1572 ανήκει στη σφαίρα των πλανητών, όπου εξ' ορισμού, σύμφωνα πάντα με τις υποθέσεις και τις θεωρίες του Αριστοτέλη, δεν μπορούσε να γίνει καμιά αλλαγή.

Πεθαίνοντας ο Tycho Brahe, άφησε τις σημειώσεις και τις παρατηρήσεις όλων αυτών των ετών, στον επί δύο χρόνια νεαρό βοηθό του, έναν εξαιρετικό Γερμανό μαθηματικό και αστρονόμο, τον Johannes Kepler. Ο Kepler δεν ήταν παρατηρητής αλλά ένας εξαιρετικός θεωρητικός που έστρεψε την προσοχή του στη βελτίωση της ακρίβειας του Κοπερνίκειου Συστήματος, το οποίο δεν ήταν σε θέση να εξηγήσει τις παρατηρήσεις των αστρονόμων για τις κινήσεις ορισμένων πλανητών - όπως και κανένα από τα άλλα μοντέλα του ηλιακού συστήματος που ακολούθησαν κατάφερε να τις εξηγήσει με απόλυτη ακρίβεια.

Ο Kepler κατάφερε να αμβλύνει τις αδυναμίες των συστημάτων αυτών, κάνοντας τις μελέτες του όντας πεπεισμένος ότι υπήρχε κάποιος βασικός φυσικός νόμος, ή μία ομάδα νόμων, που θα καθόριζαν τις κινήσεις των πλανητών, και κατέληξε σε τρεις νόμους οι οποίοι αποτελούν μέχρι και σήμερα τη βάση για κάθε αστρονομική εξήγηση.

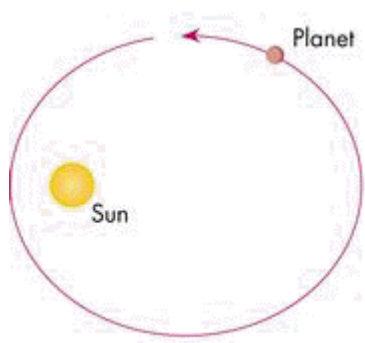
Το νεανικό έργο του Kepler «*Mysterium Cosmographicum*» ήταν αυτό που πυροδότησε την αρχή της φιλίας του με τον Tycho Brahe. Στο έργο αυτό ο Kepler απόδειξε ότι οι άνισες αποστάσεις που χωρίζουν τις τροχιές μεταξύ των έξι γνωστών τότε πλανητών, μπορούν να καθοριστούν από τα πέντε κανονικά πολύεδρα: το τετράεδρο, τον κύβο, το οκτάεδρο, το δωδεκάεδρο και το εικοσάεδρο. Έτσι το 1600 ο Brahe κάλεσε τον Kepler στην Πράγα και του πρόσφερε τη θέση του βοηθού του –



Brahe ήταν μαθηματικός της αυτοκρατορικής αυλής. Εκεί ο Δανός παρατηρητής ζήτησε από το νεαρό μαθηματικό να υπολογίσει από την αρχή την τροχιά του Άρη· εργασία η οποία ήταν εξαιρετικά δύσκολη γιατί τα τηλεσκόπια δεν υπήρχαν ακόμη.

Ο Kepler στην εργασία του αυτή υποστήριξε την ηλιοκεντρική όψη του Κοπέρνικου για τον κόσμο, αφαιρώντας την απαίτηση που ήθελε τους πλανήτες να κινούνται σε κυκλικές τροχιές και με σταθερές ταχύτητες. Το μοντέλο αυτό δε δημιουργήθηκε παρά μόνο αφού ο Kepler εξάντλησε κάθε συνδυασμό κυκλικών κινήσεων που θα μπορούσε να συλλάβει. Ύστερα δε, από μακρές και επίμονες δοκιμές διαφόρων υποθέσεων, ο Kepler έκανε δύο βασικές διαπιστώσεις για την κίνηση του πλανήτη Άρη:

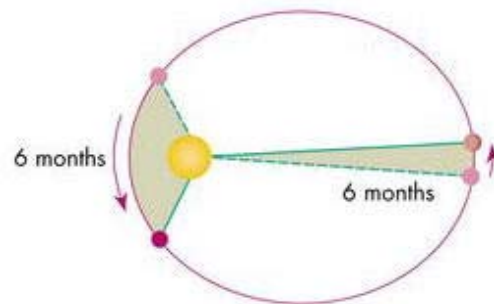
- ✓ Υποστήριξε ότι ο Άρης κινείται σε μία έλλειψη, με τον ήλιο σε μία από τις δύο εστίες της, και
- ✓ Ανακάλυψε τον νόμο που καθορίζει την ταχύτητα με την οποία ο Άρης κινείται στα διάφορα τμήματα της τροχιάς του.

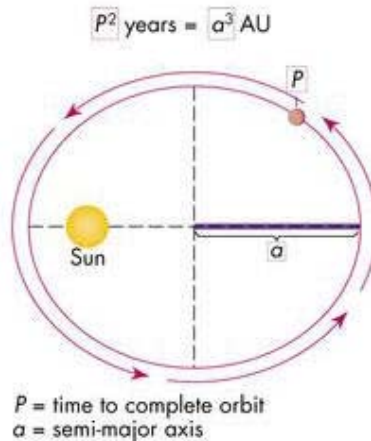


Βασίζοντας την εργασία του στις μακροχρόνιες, λεπτολογείς και αρκετά ακριβείς παρατηρήσεις, που έκανε με τα μάτια του ο Tycho Brahe, ο Kepler προσπάθησε για περισσότερο από μία δεκαετία να τις ταιριάξει με τις θέσεις του Άρη, κινούμενου με κάποιο είδος κυκλικής κίνησης. Με το χρόνο όμως οδηγήθηκε στο να αντικαταστήσει, στο πλανητικό μοντέλο του, τον κύκλο με την έλλειψη, ενώ αργότερα συμπέρανε πως εκτός από τον Άρη και οι υπόλοιποι πλανήτες ακολουθούν την ίδια τροχιά. Η

εφαρμογή της ελλειπτικής τροχιάς στην κίνηση των πλανητών, ήταν ο πρώτος νόμος του Kepler, με τον οποίο κατάφερε να εξηγήσει την παράξενη κίνηση ορισμένων από αυτών.

Ο Kepler συνειδητοποίησε ότι οι πλανήτες δεν είναι δυνατό να κινούνται καθ' όλη τη διάρκεια της ελλειπτικής τροχιάς τους με μία σταθερή ταχύτητα. Διατύπωσε έτσι, το δεύτερο νόμο του, τον οποίο ο ίδιος δεν μπορούσε να εξηγήσει με βάση τους τότε γνωστούς φυσικούς νόμους - αργότερα ερμηνεύτηκε με βάση τη Νευτώνεια Μηχανική και συγκεκριμένα την αρχή της στροφομής - και με αυτόν καθόρισε ότι ένας πλανήτης ταξιδεύει γρηγορότερα όταν έρχεται πιο κοντά στον ήλιο και κινείται πιο αργά καθώς απομακρύνεται από αυτόν.





Ο τρίτος και τελικός νόμος του Kepler – νόμος της αρμονίας, όπως τον ονόμασε – αναφέρεται στη σχέση μεταξύ της περιόδου περιφοράς του πλανήτη(συνοδική περίοδος) και το μήκος του μεγάλου ημιάξονά του ή αλλιώς, δίνει την ακριβή σχέση μεταξύ της απόστασης ενός πλανήτη από τον ήλιο και του χρόνου περιστροφής του πλανήτη γύρω από τον εαυτό του.

Η ιδέα των ελλειπτικών τροχιών, που εφάρμοσε ο Kepler για να καταλήξει στον πρώτο του νόμο, δεν ήταν εντελώς νέα. Την είχε υποβάλει ο Αρζαχίλ (1029 -1087) του Τολέδο κατά τον 11<sup>ο</sup> αιώνα, αλλά με εντελώς ανεπαρκή δεδομένα. Ο Kepler πέτυχε γιατί έζησε σε μία εποχή που τα δεδομένα ήταν αρκετά ακριβή, ώστε να αποδεικνύουν ότι οι κύκλοι, ή οι συνδυασμοί κύκλων, δεν ανταποκρίνονταν στην πραγματικότητα. Μία εποχή όμως, όχι και τόσο προχωρημένη, ώστε τα δεδομένα να έχουν γίνει τόσο ακριβή που να φαίνεται ότι οι τροχιές δεν είναι πραγματικές ελλείψεις, αλλά πιο περίπλοκες καμπύλες, που θα ερμηνεύονταν μόνο από τον Einstein.

Οι δύο πρώτοι νόμοι του Kepler δημοσιεύτηκαν το 1609 στο «*Astronomia Nova*» ενώ λίγο αργότερα ο ίδιος απέδειξε ότι οι δύο αυτοί νόμοι ισχύουν και για κάθε άλλο πλανήτη. Με τους νόμους αυτούς ο Kepler μπόρεσε να εξηγήσει άνετα τις κινήσεις όλων των πλανητών, σχεδόν με μηδαμινό λάθος.

Όταν εφευρέθηκε το τηλεσκόπιο, ο Kepler έγινε πιστός οπαδός του νέου οργάνου και έδειξε ότι είναι δυνατό να κατασκευάζονται αστρονομικά τηλεσκόπια μεγάλης ισχύος. Ο Kepler ήταν αυτός που εξήγησε πρώτος τη διαδικασία της όρασης του οφθαλμού και ανακάλυψε τη διάθλαση του φωτός στην ατμόσφαιρα στις μελέτες του για την οπτική, τις οποίες και περιέλαβε στο βιβλίο «*Διοπτρικά*» (1610).

Αργότερα ο Kepler δημοσίευσε το έργο, που του στοίχησε πολλά έτη εργασίας, «*Αρμονία του κόσμου*»(1618), στο οποίο εξηγούσε ότι οι κινήσεις των πλανητών ακολουθούν τους νόμους της μουσικής αρμονίας και εκεί διατύπωσε τον τρίτο νόμο του. Επίσης, ο Kepler δημοσίευσε τους βασικούς πίνακες των πλανητών με βάση την ηλιοκεντρική τους κίνηση, τους οποίους είχε αρχίσει να καταρτίζει από την εποχή που ήταν βοηθός του Brahe με τον τίτλο «*Ροδόλφειοι Πίνακες*»(1627). Οι πίνακες αυτοί επέτρεψαν, για έναν και πλέον αιώνα, να γνωρίζει κανείς με μεγάλη ακρίβεια την εκάστοτε θέση των διάφορων σωμάτων του ηλιακού συστήματος.

Οι νόμοι του Kepler, εκτός του ότι προσέφεραν μία επιστημονική λύση στο πρόβλημα κίνησης των πλανητών, αποτέλεσαν και τη βάση στην οποία στηρίχτηκε ένας άλλος μεγάλος φυσικός, ο Isaac Newton, για να αναπτύξει τη δική του θεωρία και να συνεισφέρει και ο ίδιος στην παγκόσμια επιστημονική γνώση με το νόμο της παγκόσμιας έλξης.

<b>Νόμοι του Kepler</b>	
<b>1.</b>	Όλοι οι πλανήτες διαγράφουν κατά την περιφορά τους τροχιές σχήματος έλλειψης, η μία εστία της οποίας κατέρχεται από τον ήλιο.
<b>2.</b>	Η επιβατική ακτίνα, δηλαδή το νοητό ευθύγραμμο τμήμα που συνδέει τον καθένα από τους πλανήτες με τον ήλιο, σαρώνει σε ίσους χρόνους ίσα εμβαδά.
<b>3.</b>	Τα τετράγωνα των αστρικών περιόδων περιφοράς των πλανητών είναι ευθέως ανάλογα προς τους κύβους των μέσω αποστάσεων τους από τον ήλιο.

*«Δε νιώθω υποχρεωμένος να πιστέψω πως ο ίδιος θεός που μας προίκισε με αισθήσεις, λογική και διάνοια μας προόριζε να ξεχάσουμε τη χρήση τους και με κάποια άλλα μέσα να μας δώσει γνώση την οποία μπορούμε να κρατήσουμε με αυτά.»*  
*Galileo Galilei, γράμμα στην Christina of Tuscany*

Την ίδια περίπου περίοδο που ο Kepler προσπαθεί με τις έρευνές του στη Δανία να διατυπώσει τους φυσικούς νόμους που διέπουν την κίνηση των πλανητών, τα αστρονομικά φαινόμενα δείχνουν να απασχολούν έναν πολύ μεγάλο σύγχρονό του, τον Γαλιλαίο.

Ο Galileo Galilei ήταν Ιταλός φυσικός, μαθηματικός και αστρονόμος του οποίου οι επιστημονικές ανακαλύψεις στη μηχανική και την αστρονομία, και κυρίως η μαθηματική/ πειραματική μέθοδος που εφάρμοσε στις έρευνές του, τον καθιερώνουν ως το θεμελιωτή της σύγχρονης επιστήμης και σαν μία από τις μεγαλύτερες και πιο θαυμαστές φυσιογνωμίες της ανθρωπότητας.

Στην ηλικία των 19 ετών, σύμφωνα με τον V. Viviani, ο Γαλιλαίος κάνει στην Πίζα την πρώτη του ανακάλυψη. Βρισκόταν μία μέρα στον καθεδρικό ναό, όταν, παρατηρώντας τις ταλαντώσεις ενός πολυελαίου, διαπίστωσε ότι η διάρκεια αυτών των ταλαντώσεων παρέμενε πάντα η ίδια αν και το πλάτος τους ελαττωνόταν συνεχώς. Χρησιμοποιώντας το σφυγμό του για χρονόμετρο, διαπίστωσε την ορθότητα της παρατήρησής του. Επανάλαβε στο σπίτι του την παρατήρηση με μία σειρά από διαφορετικά ταλαντούμενα σώματα και πάντα έβρισκε ότι η διάρκεια των ταλαντώσεων για το καθένα από αυτά παρέμενε σταθερή παρά την απόσβεσή τους. Συνεπώς οι ταλαντώσεις ενός εκκρεμούς επέτρεπαν τη μέτρηση του χρόνου. Αυτή υπήρξε μία σημαντικότερη ανακάλυψη, που όχι μόνο αποτελεί μέχρι και σήμερα τη βάση της λειτουργίας των ρολογιών, αλλά υπήρξε και η ανακάλυψη που θεμελίωσε την πειραματική μέθοδο, που θα ακολουθούσε ο Γαλιλαίος στα μετέπειτα πειράματά του. Η μέθοδος αυτή έγινε ο δρόμος για την ανάπτυξη της σύγχρονης επιστήμης.

Τα επόμενα χρόνια, κατά τη διάρκεια των σπουδών του, ο Γαλιλαίος, γοητευμένος από τη μελέτη των μαθηματικών και επηρεασμένος περισσότερο από την ποσοτική-πειραματική μέθοδο του Αρχιμήδη παρά από την ποιοτική προσέγγιση του Αριστοτέλη, συνεχίζει με την εφεύρεση του υδροστατικού ζυγού, μια συσκευή

για τον προσδιορισμό του βάρους των αντικειμένων σε νερό και αέρα, προκειμένου να υπολογίζεται η ειδική τους βαρύτητα, και την ανακάλυψη μερικών θεωρημάτων για το κέντρο βάρους(1586-1587). Οι δύο αυτές εργασίες του εξασφάλισαν, σε ηλικία 25 ετών, τον τίτλο του καθηγητή των μαθηματικών στο πανεπιστήμιο της Πίζας. Το 1592 πέτυχε να βρει μία θέση στο πανεπιστήμιο της Πάντοβα, όπου ανάλαβε την έδρα των μαθηματικών. Τα 18 χρόνια που παρέμεινε σ' αυτή την πόλη υπήρξαν για το Γαλιλαίο τα καλύτερα της ζωής του, ιδιαίτερα εξαιτίας της σημαντικής ελευθερίας σκέψης, που εξασφάλισε η Δημοκρατία της Βενετίας. Στην Πάντοβα το ενδιαφέρον του για την τεχνική τον απασχόλησε για πολύ στο εργαστήριό του, όπου με τη βοήθεια ενός μηχανικού κατασκεύασε μαθηματικά όργανα. Εκεί επινόησε και κατασκεύασε ένα ευφύεστατο υπολογιστικό κανόνα, το λεγόμενο γεωμετρικό και στρατιωτικό διαβήτη, και ένα θερμοσκόπιο, πρόδρομο του θερμομέτρου. Σε αυτά τα χρόνια της έντονης εργασίας συμπλήρωσε τις έρευνές του στα μηχανικά φαινόμενα και τα αποτελέσματά τους δημοσιεύτηκαν από τον ίδιο σε ένα έργο που είναι η κορυφή της εργασίας του. Στο διάστημα που έμεινε στην Πάντοβα ανέπτυξε επίσης και τη θεωρία του για τους παλιρροιακούς κύκλους ως αποτέλεσμα της ετήσιας και ημερήσιας κίνησης της γης ενώ ξεκίνησε σοβαρές μελέτες αστρονομίας, αρχής γενομένης από την παρατήρηση μιας σουπερνόβας το 1604. Τον ίδιο χρόνο εμφανίστηκε στον ουρανό ένας νέος αστέρας και όλοι έτρεξαν στις διαλέξεις του Γαλιλαίου για να μάθουν τη γνώμη του. Αυτός διαβεβαίωσε ότι ο νέος αστέρας βρισκόταν πολύ πέρα από τη Σελήνη και αυτή η διαπίστωση ακούστηκε ως κραυγή ανταρσίας εναντίον μίας χιλιόχρονης αρχής, που δεν επιδεχόταν συζήτηση. Πράγματι, σύμφωνα με τις διδασκαλίες του Αριστοτέλη, διακρίνονταν δύο κόσμοι: ο κόσμος των ουρανών, όπου όλα παραμένουν αιωνίως αμετάβλητα και ο κόσμος κάτω από τη Σελήνη, δηλαδή κάθε τι που βρισκόταν μέσα στη σφαίρα της Σελήνης, όπου όλα διαβρώνονται και χάνονται. Σε αυτόν τον κόσμο ανήκει και η γη. Η διαβεβαίωση ότι ο νέος αστέρας βρισκόταν μακρύτερα από τη Σελήνη, αντιστοιχούσε με τον ισχυρισμό ότι κάτι άλλαξε στους ουρανούς, οι οποίοι έπρεπε να παραμένουν αιώνια αμετάβλητοι. Ο Γαλιλαίος εκφράζοντας αυτές του τις απόψεις στρεφόταν εναντίων των αρχαίων και καθιερωμένων ιδεών. Αλλά η ρήξη επήλθε πέντε χρόνια αργότερα, όταν ο Γαλιλαίος έστρεψε προς τον ουρανό το τηλεσκόπιο και είδε αυτό που ανθρώπινο μάτι δεν είχε αντικρύσει ακόμα.



Το θερμοόμετρο του Γαλιλαίου

Τα τηλεσκόπια φτιάχνονταν τότε στην Ολλανδία. Εκεί, ο οπτικός Johannes Lippershey χρησιμοποιώντας δύο φακούς διαπίστωσε ότι μπορούσε μέσα από αυτούς να δει τα μακρινά αντικείμενα μεγαλύτερα από ότι με γυμνό μάτι και έτσι δημιούργησε και διέδωσε τα σχέδια για το πρώτο πρακτικό τηλεσκόπιο, αν και πρωτογενή τηλεσκόπια και μεγεθυντικοί φακοί είχαν δημιουργηθεί πολύ νωρίτερα. Θεωρείται ότι ο Lippershey ήταν ο πρώτος που διεκδίκησε το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για το σχέδιό του, κάνοντάς το ευρέως διαθέσιμο το 1608. Δε κατάφερε να πάρει το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας αλλά βραβεύτηκε για το σχέδιό του από την Ολλανδική κυβέρνηση. Το «Ολλανδικό Γυαλί Προοπτικής» (Dutch perspective glass), το τηλεσκόπιο δηλαδή που εφηύρε ο Lippershey μπορούσε να τριπλασιάσει το φαινόμενο



μέγεθος των αντικειμένων. Ο Γαλιλαίος υπήρξε ο πρώτος που διαπίστωσε τις τεράστιες δυνατότητές του. Κατασκεύασε και έστρεψε στον ουρανό το πρώτο του



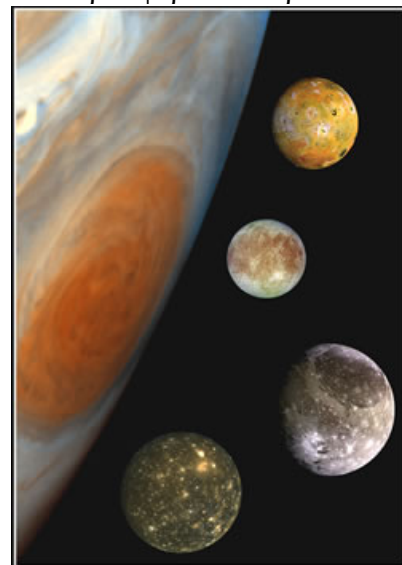
Αντίγραφο του Τηλεσκοπίου του Γαλιλαίου

τηλεσκόπιο (γνωστό και ως διόπτρα του Γαλιλαίου ) το 1609– τον ίδιο χρόνο που ο Kepler δημοσίευσε τους δύο πρώτους νόμους του για τις πλανητικές κινήσεις – το οποίο βελτίωνε συνεχώς και τελειοποίησε δύο χρόνια αργότερα, αυξάνοντας την μεγεθυντική του ισχύ μέχρι και 32 φορές, και το χρησιμοποίησε για την παρατήρηση του ουρανού. Αργότερα ο ίδιος,

κατασκεύασε ένα τηλεσκόπιο κατάλληλο για τη μεγέθυνση κοντινών αντικειμένων. Αυτή υπήρξε η αρχή του μικροσκοπίου.

Το 1610, ο Γαλιλαίος δημοσιεύει το «*Ο άγγελος των αστερών*» (*Sidereus Nuncius*). Με την περιγραφή των ανακαλύψεων του, κατέρρευσε ο μύθος της τελειότητας των ουράνιων σωμάτων και αποδείχθηκε πιθανότατα η θεωρία που είχε διατυπώσει 60 χρόνια νωρίτερα ο Κοπέρνικος για το ηλιοκεντρικό σύστημα. Μέχρι τα τέλη του 1611 ο Γαλιλαίος με τη χρήση των τηλεσκοπίων του καταφέρνει να κάνει ορισμένες διαπιστώσεις για τα ουράνια σώματα – η επιφάνεια της Σελήνης δεν είναι λεία και τέλεια, αλλά διάσπαρτη με όρη, κοιλάδες και κρατήρες και ότι στρέφει προς τη γη πάντα το ίδιο ημισφαίριό της. Ο ήλιος, που τον θεωρούσαν ως τότε το τυπικότερο σύμβολο της ουράνιας σταθερότητας, είναι σπαρμένος με κηλίδες. Η ανακάλυψη των φάσεων της Αφροδίτης απόδειξε ότι ο πλανήτης αυτός περιφέρεται γύρω από τον ήλιο και, συνεπώς η γη δεν είναι ο κέντρο όλων των ουράνιων κινήσεων. Η ανακάλυψη των τεσσάρων δορυφόρων του Δία – που ονομάστηκαν «Μεδίκεια άστρα» από το Γαλιλαίο, αλλά στη σύγχρονη εποχή πήραν το χαρακτηρισμό «Φεγγάρια του Γαλιλαίου» προς τιμή του - προσφέρει ένα πρότυπο

πλανητικού συστήματος σε μικρογραφία. Επίσης, παρατήρησε τους δακτυλίους του Κρόνου και αποκάλυψε την αστρική φύση του Γαλαξία μας. Η σπουδαιότητα των ανακαλύψεων αυτών μεγάλωσε πολύ τη φήμη του Γαλιλαίου και ο Κόσμος Β΄ τον κάλεσε στην Φλωρεντία και τον διόρισε πρώτο φιλόσοφο και μαθηματικό του μεγάλου δουκάτου της Τοσκάνης. Στην αρχή κατάφερε να πετύχει την αναγνώριση των ανακαλύψεων του από τους μεγαλύτερους επιστήμονες της εποχής, μεταξύ των οποίων ο Kepler, όπως επίσης και από τους πανίσχυρους Ιησουίτες αστρονόμους. Αλλά τότε άρχισαν οι πρώτες αψιμαχίες, προμηνύματα της θύελλας που θα έρχονταν: μερικοί αμφέβαλλαν για την προτεραιότητα των αστρονομικών του ανακαλύψεων



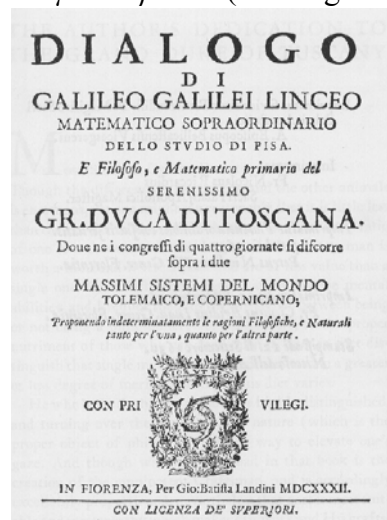
Τα τέσσερα φεγγάρια του Δία: Καλλιστώ, Ευρώπη, Γανυμήδης και Ιό

άλλοι, αριστοτελικοί, επαναστατούσαν εναντίον των αποτελεσμάτων μίας μελέτης για τα ουράνια σώματα. Το 1613, η κατάσταση έγινε σοβαρότερη και οι αστρονομικές ανακαλύψεις του, που επαλήθευαν

το σύστημα του Κοπέρνικου – του οποίου ο Γαλιλαίος υπήρξε θερμός οπαδός- του έδωσαν θάρρος να διακηρύξει τις ιδέες του, σίγουρος ότι όλοι έπρεπε να παραδεχτούν τη μαρτυρία των γεγονότων. Έτσι, σε τέσσερα γράμματα, – τα οποία κυκλοφόρησαν σε απειράριθμα αντίγραφα (όχι όλα ακριβή) – προσπάθησε απερίσκεπτα να αποδείξει ότι η θεωρία της κίνησης της γης δεν αντιστρατεύεται το περιεχόμενο των Αγίων Γραφών. Τα γράμματα προκάλεσαν μεγάλη ταραχή και βίαιες επιθέσεις. Ο Γαλιλαίος καταγγέλθηκε στο συμβούλιο της Αγίας Έδρας, στη Ρώμη. Παρά τις προσπάθειες που κατέβαλε ο Γαλιλαίος σε ένα νέο ταξίδι του στη Ρώμη, το Συμβούλιο, το Φεβρουάριο του 1616, αποφάσισε να λογοκρίνει το σύστημα του Κοπέρνικου και διέταξε το Γαλιλαίο να αποφεύγει τη διδασκαλία, διάδοση ή επεξεργασία των θεωριών του Κοπέρνικου κρίνοντάς τες ως αιρετικές. Ο Γαλιλαίος μη έχοντας περιθώρια άρνησης δέχτηκε και υποσχέθηκε να υπακούσει.

Αυτή η πρώτη ήττα δε στάθηκε ικανή να αποτρέψει το Γαλιλαίο από την ερευνητική εργασία του και τις μελέτες του για την κίνηση της γης και του ηλιακού συστήματος. Μόλις γύρισε από τη Φλωρεντία επανέλαβε τις μελέτες του και ασχολήθηκε με την προετοιμασία νέων έργων. Το 1623 δημοσίευσε το *Χρυσό ζυγό* στον οποίο, απαντώντας στις επικρίσεις εναντίον του συστήματος του Κοπέρνικου, που είχε διατυπώσει ο πατέρας Grassi σε ένα βιβλίο του, ανάπτυξε τις δικές του ουράνιες ανακαλύψεις και κατάρριπτε σημείο προς σημείο τις θεωρίες του Grassi.

Τον ίδιο χρόνο ανέβηκε στον παπικό θρόνο με το όνομα Ουρβανός Η΄ ο Καρδινάλιος Μαφέο Μπαρμπερίνι, που είχε γιορτάσει με στίχους τις ουράνιες ανακαλύψεις του Γαλιλαίου και έτσι αναπτέρωθηκαν οι ελπίδες του δεύτερου. Ύστερα από μερικά χρόνια εργασίας, ο Γαλιλαίος πέτυχε να πάρει από την παπική λογοκρισία την άδεια να τυπώσει, το 1632, το «*Διάλογο των δύο μεγίστων κοσμοθεωριών*» («*Dialogo sopra i dui massimi sistemi del mondo*») σε αυτόν, αν και



Ο *Διάλογος* του Γαλιλαίου

χωρίς να γίνεται φανερά εκλογή μεταξύ των συστημάτων του Πτολεμαίου και του Κοπέρνικου, είναι πολύ καθαρές οι απόψεις του συγγραφέα. Το έργο προκάλεσε στην Ευρώπη μεγάλο θαυμασμό αλλά και αναστάτωση, πρώτον επειδή ήταν γραμμένο στα ιταλικά και όχι στα λατινικά, άρα θα διαβαζόταν από τον απλό λαό και δεύτερον, επειδή ο Γαλιλαίος υπερασπιζόταν σ' αυτό με σαρκασμό σε βάρος της Εκκλησίας τις απαγορευμένες αστρονομικές αρχές του Κοπέρνικου με αποτέλεσμα πέντε μήνες αργότερα ο Γαλιλαίος να κληθεί στη Ρώμη ώστε να λογοδοτήσει για το βιβλίο του, το οποίο θεωρήθηκε έργο κριτικής και πολεμικής επίθεσης. Η δίκη κράτησε τέσσερις μήνες. Στις 16 Ιουνίου 1633, στο μέγαρο του Κυρηναίου, το Συμβούλιο της Αγίας Έδρας καταδίκασε το Γαλιλαίο σε φυλάκιση

αναγκάζοντάς τον να απαρνηθεί τις πεποιθήσεις του και να ομολογήσει το λάθος των θεωριών του προκειμένου να αποφύγει τη θανατική καταδίκη στην πυρά. Η Ιερά εξέταση απαγόρευσε επίσης την κυκλοφορία του *Διαλόγου*. Την καταδίκη σε φυλάκιση μετέτρεψε ο Ουρβανός ο Η΄, πρώτα σε περιορισμό στους κήπους της Trinita dei Mondi, μετά στη Σιένα και τέλος στο Αρτσέτρι.

Η νίκη των Ιησουιτών εξάλειψε τις ελπίδες του Γαλιλαίου ότι θα έπειθε την Αγία Έδρα να αναγνωρίσει την ελευθερία των επιστημών. Τα τελευταία χρόνια της ζωής του, που τα πέρασε στο Αρτσέτρι, συνέχισε τις προσπάθειές του να υπολογίσει το γεωγραφικό μήκος στη θάλασσα χρησιμοποιώντας ως σημείο αναφοράς τα

φεγγάρια του Δία. Επιπρόσθετα στην πολυάριθμη βιβλιογραφία του, ο Γαλιλαίος κάνει εφευρέσεις. Παρά την τύφλωση που τον πρόσβαλε το 1637 κατάφερε να συνεχίσει τις μελέτες και τις έρευνες του. Το 1638 δημοσιεύτηκε στο Laden το μεγαλύτερο έργο του «*Διάλογοι και μαθηματικές αποδείξεις για δύο νέες επιστήμες συνδεδεμένες με τη μηχανική και τις τοπικές κινήσεις*», στο οποίο συγκέντρωσε, ανέπτυξε και επεξεργάστηκε τις μελέτες του για τη μηχανική, στις οποίες αφιέρωσε σαράντα χρόνια. Αυτό είναι το αποκορύφωμα του έργου του, που έδωσε στη σύγχρονη επιστήμη τους πρώτους νόμους της. Πραγματικά ο Γαλιλαίος υπήρξε ο πρώτος που διατύπωσε, αν και όχι σε πλήρη μορφή, την αρχή της αδράνειας, αναγνωρίζοντας ότι, σε απουσία δυνάμεων, όλα τα σώματα, βαριά ή ελαφρά, πέφτουν στο έδαφος με την ίδια ταχύτητα

- Αδράνεια ονομάζεται η τάση που παρουσιάζουν τα φυσικά σώματα λόγω της μάζας τους να αντιστέκονται στη μεταβολή της φυσικής τους κατάστασης. Η μάζα ενός σώματος αποτελεί το μέτρο της αδράνειάς του.

Την ίδια περίπου εποχή, απόδειξε επίσης ότι η τροχιά βλήματος στο κενό είναι παραβολική και για πρώτη φορά χρησιμοποίησε θερμόμετρο με υγρό και έδωσε το νόμο των συγκοινωνούντων δοχείων.

- Αν οι πυθμένες δύο ή περισσότερων δοχείων διαφορετικού σχήματος και μεγέθους συγκοινωνούν μεταξύ τους με σωλήνα, το σύστημα αυτό λέγεται "συγκοινωνούντα δοχεία". Τότε, αν ρίξουμε στο ένα δοχείο κάποιο υγρό, το υγρό αυτό θα περάσει και στα άλλα δοχεία και θα σταματήσει σε όλα στο ίδιο ύψος.

Αλλά μέσα στο έργο του υπήρχαν περισσότερα, όπως ο νόμος της επιταχυνόμενης κίνησης ενός σώματος με την επίδραση σταθερής δύναμης. Η διατύπωση της αρχής ότι με τις συνθήκες αυτές η ταχύτητα αυξάνεται σε κάθε στιγμή ανάλογα με το χρόνο που πέρασε από την αρχή της κίνησης και ότι, συνεπώς, το διάστημα που διανύεται είναι ανάλογο προς το τετράγωνο του χρόνου που χρειάστηκε για να διανυθεί υπήρξε η τελική ήττα της αριστοτελικής θεωρίας της κίνησης και έκανε φανερή τη δυνατότητα εφαρμογής των μαθηματικών, με τις ακριβείς ποσοτικές του σχέσεις, στη μελέτη όλων των φυσικών φαινομένων (και όχι μόνο των ουρανίων). Αυτό άνοιξε πραγματικά το δρόμο της σύγχρονης επιστήμης.

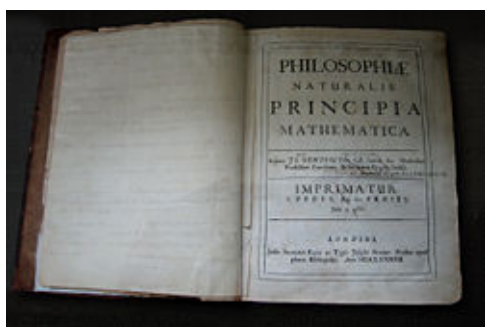
$x = 1/2 a t^2$
Ο τύπος της μετατόπισης για την ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση

Αυτό ήταν ένα τυπικό αποτέλεσμα της μεθόδου έρευνας του Γαλιλαίου, η οποία αποτελεί την πιο σημαντική κληρονομιά του, πάνω ακόμα και από τις ειδικές προσφορές του στους ιδιαίτερους τομείς της γνώσης. Για το Γαλιλαίο, η γνώση πετυχαίνεται με τη σύνδεση δύο απαραίτητων οργάνων, του «αισθητικού πειράματος» και της «ασφαλούς» απόδειξης. Το πρώτο αναφέρεται στη μέτρηση των φαινομένων που εξετάζονται. Πρέπει δηλαδή, να προχωρούμε πέρα από την ποιοτική παρατήρηση, η οποία περιορίζεται σε μία επιφανειακή περιγραφή, χωρίς ικανότητα πρόβλεψης, για να φτάσουμε να εκφράσουμε τα αποτελέσματα του πειράματος με αριθμούς. Μόνο σε αυτό το σημείο είναι δυνατό να εκφράσουμε ως υπόθεση ένα νόμο με τη μορφή μαθηματικής σχέσης, η οποία θα επιτρέπει την πρόβλεψη με τη βοήθεια πράξεων και αποδείξεων απόλυτα «ασφαλών», των αποτελεσμάτων οποιασδήποτε άλλης μέτρησης σχετικής με τα φαινόμενα που εξετάζονται. Στην αντίθετη περίπτωση είμαστε υποχρεωμένοι να αλλάξουμε υποθέσεις και να διατυπώσουμε άλλους νόμους, εφόσον ένας από αυτούς δε συμφωνεί με τα πειραματικά δεδομένα. Είναι σημαντικό να υπογραμμίσουμε ότι με τον τρόπο αυτό το πείραμα που επιβεβαιώνει τη θεωρία πρέπει γενικά να επινοηθεί από την

ικανότητα του επιστήμονα, ο οποίος δεν περιορίζεται να παρατηρεί παθητικά τα φυσικά φαινόμενα, αλλά τα αναπαράγει και τα προκαλεί κάτω από συνθήκες κατάλληλες και ιδιαίτερες, οι οποίες επινοούνται για να γίνει μία επαλήθευση ή διάψευση του ορισμένου ερωτήματος.

Η μέθοδος του Γαλιλαίου κατέβασε λοιπόν από τους ουρανούς των αφαιρέσεων τις έννοιες και τις αμφισβητήσεις της επιστήμης και τις έκανε να στηρίζονται σε ακριβείς παρατηρήσεις, πειράματα και μετρήσεις. Σε αυτό διέφερε καθαρά – για πρώτη φορά στην ιστορία της σκέψης – από τις μεθόδους της μεταφυσικής και της φιλοσοφίας και άνοιξε συνεπώς το δρόμο στις πειραματικές επιστήμες, οι οποίες ασχολούνταν με τη διερεύνηση και όχι με την απεικόνιση και μπορούσαν να ενσωματωθούν στη μαθηματική θεωρία λόγω του ποσοτικού τους χαρακτήρα. Στις πειραματικές επιστήμες οφείλονται οι μεγάλες εξελίξεις της σύγχρονης φυσικής και τεχνικής και στο Γαλιλαίο που εκτελούσε τα πειράματα στη πραγματικότητα και όχι μόνο στο χαρτί.

Παρότι η Καθολική εκκλησία δεν καθάρισε το όνομα του από το χαρακτηρισμό του ως αιρετικό, παρά μόνο το την προηγούμενη δεκαετία (31/10/1992) το όνομα και τα επιτεύγματα του Γαλιλαίου υμνούνται ακόμα και σήμερα από τα μεγαλύτερα μυαλά της εποχής μας. Σύμφωνα με τον Stephen Hawking ο Γαλιλαίος φέρει μεγαλύτερη ευθύνη από οποιονδήποτε άλλο για τη γέννηση της σύγχρονης επιστήμης, ενώ και ο Albert Einstein τον έχει αποκαλέσει πατέρα της σύγχρονης επιστήμης.



Το Principia του Isaac Newton

Την ίδια χρονιά που πέθανε ο Γαλιλαίος γεννήθηκε στην Αγγλία ίσως ο μεγαλύτερος επιστήμονας όλων των εποχών, ο Isaac Newton. Ο Newton ήταν ένας μεγάλος μαθηματικός και φυσικός που έδειξε ένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα αστρονομικά προβλήματα της εποχής του, αν και του δίνονται επίσης και οι τίτλοι του φυσικού φιλοσόφου, του αλχημιστή και του θεολόγου. Επεξεργάστηκε διάφορα προβλήματα

φυσικής και μαθηματικών και διατύπωσε θεωρία για τα χρώματα και τη φύση του λευκού φωτός, ανακάλυψε τον τύπο για την ύψωση ενός διώνυμου σ' οποιαδήποτε δύναμη, ερεύνησε στο χώρο της μεταλλουργίας, ώστε να πετύχει ένα κατάλληλο κράμα για την κατασκευή καλών καθρεφτών, διατύπωσε τους θεμελιώδεις νόμους της Κλασικής Μηχανικής και διαμόρφωσε τις πρώτες σκέψεις που κατέληξαν στη θεωρία της παγκόσμιας έλξης και στον απειροστικό ή, όπως ο ίδιος συνήθιζε να τον λέει, διαφορικό λογισμό. Επίσης επινόησε έναν εμπειρικό κανόνα της ψύξης και μελέτησε την ταχύτητα του ήχου.

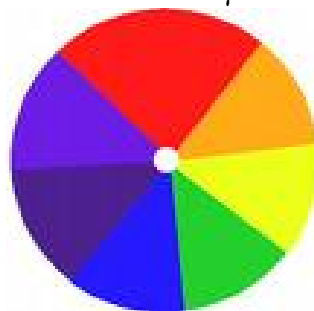
Οι πρώτες συλλήψεις των ιδεών και των θεωριών που επεξεργάστηκε και ανέπτυξε στα μετέπειτα χρόνια της ζωής του έγιναν τα πρώτα χρόνια μετά την αποφοίτηση του από το Trinity College του Cambridge (1665 – 1666). Τα δύο αυτά χρόνια υπήρξαν χρόνια εντατικής και γόνιμης εργασίας. Στο διάστημα αυτό κάνει πειράματά για την ανάλυση του φωτός και αναπτύσσει τη θεωρία των χρωμάτων βασιζόμενος στην παρατήρηση ενός πρίσματος που αποσύνθετε το λευκό φως σε ένα ορατό φάσμα. Στην ίδια αυτή περίοδο ανάγονται και οι πρώτες μελέτες που τον οδήγησαν να διατυπώσει τη θεωρία του για τα χρώματα, οι χημικές και μεταλλουργικές έρευνές του για τον πρακτικό σκοπό να πετύχει ένα κράμα κατάλληλο για την κατασκευή καλών καθρεφτών ή για την εφαρμογή αλχημείας με



σκοπό την παραγωγή χρυσού, καθώς και οι πρώτες σκέψεις που κατέληξαν στη θεωρία της παγκόσμιας έλξης( σε αυτά τα χρόνια ανάγεται το ανέκδοτο ότι το πέσιμο ενός μήλου έκανε το Newton να σκεφτεί για την παγκοσμιότητα της δύναμης που το έκανε να πέσει). Στο χώρο των μαθηματικών, σε αυτά τα χρόνια ανήκει η ανακάλυψη του τύπου για την ύψωση ενός διώνυμου σε οποιαδήποτε δύναμη και η μέθοδος των ευθειών και αντίστροφων διαφορικών (παραγώγων). Συμπτωματικά είχε επίσης ανακαλύψει και το νόμο της φυγόκεντρου δύναμης, δέκα χρόνια πριν από τον Huygens, στον οποίο και αποδίδεται αυτή η ανακάλυψη.

Στα 1668 ο Newton, έχοντας επιστρέψει και πάρει τον τίτλο του διδάκτορα στο Trinity College, κατασκεύασε το πρώτο κατοπτρικό τηλεσκόπιο. Το 1669 παίρνει τη έδρα των Μαθηματικών του Πανεπιστημίου γεγονός που του αφήνει πολλές ελεύθερες ώρες για τις προσωπικές του έρευνες και μελέτες. Το χρόνο που ανάλαβε τα καθήκοντα του καθηγητή, ο Newton παράδωσε μία σειρά μαθημάτων περί οπτικής, που τα συγκέντρωσε στα «*Lectiones opticae*» (1669), τα οποία έμειναν ουσιαστικά ανέκδοτα. Η εκλογή του θέματος δείχνει το ενδιαφέρον του Newton για τα προβλήματα αυτά και η ανάπτυξη της θεωρίας των χρωμάτων αποδεικνύει πόσο ριζικά νέες ήταν οι ιδέες του πάνω στο θέμα αυτό σχετικά με τις μελέτες όλων των προγενέστερών του. Αν και οι μελέτες της οπτικής απασχολούσαν το Newton για

χρόνια – ακόμα και σε σχέση με τα προβλήματα που έθετε η κατασκευή ενός δεύτερου και τελειότερου κατοπτρικού τηλεσκοπίου (1671) – για το θέμα αυτό έκανε μόνο σύντομες ανακοινώσεις στη Βασιλική Εταιρεία και μόνο το 1704, όταν από καιρό είχε πάψει να



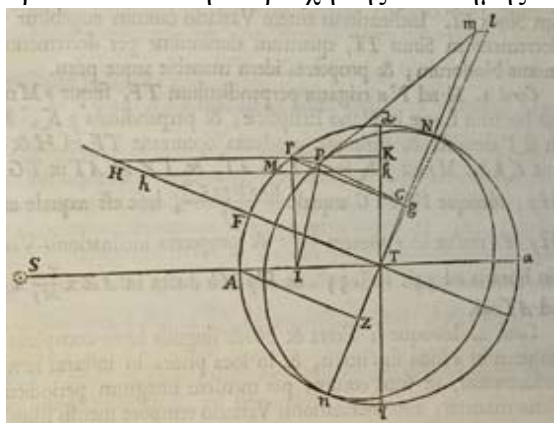
Αντίγραφο του κατοπτρικού τηλεσκοπίου και του Δίσκου του Newton

ασχολείται με την οπτική, συνόψισε στο «*Opticus*» τις έρευνές του για το φως. Η καθυστέρηση αυτή πιθανότατα οφείλεται, εκτός από τη μεγάλη προσεκτικότητα του επιστήμονα, στην επιθυμία του να μην εξάψει την αντιμαχία με το Hooke, υποστηρικτή της κυματικής θεωρίας, που είχε ανάψει μέσα στη Βασιλική Εταιρεία.

Το 1675 έδωσε την εξήγηση του χρώματος των διάφορων σωμάτων. Επινόησε τον καλούμενο Δίσκο του Νεύτωνα, ο οποίος είναι ένας κυκλικός δίσκος που αποτελείται από διαδοχικούς έγχρωμους τομείς. Τα χρώματα των τομέων είναι τα ίδια με τα χρώματα που προκύπτουν από την ανάλυση του λευκού φωτός, δηλ. είναι το κόκκινο, το πορτοκαλί, το κίτρινο, το πράσινο, το γαλάζιο, το βαθύ γαλάζιο και το ιώδες. Περιστρέφοντας γρήγορα το δίσκο γύρω από άξονα κάθετο ως προς το επίπεδό του που διέρχεται από το κέντρο του, βλέπει κανείς μόνο λευκό χρώμα. Η εξήγηση είναι ότι γίνεται σύνθεση όλων μαζί των χρωμάτων στον αμφιβληστροειδή.

Κατά το 1679, έχοντας εγκαταλείψει σχεδόν τελείως τη οπτική, ο Newton άρχισε να ασχολείται με το πρόβλημα της βαρύτητας – που πριν από δεκαπέντε χρόνια είχε τραβήξει την προσοχή του – στη μελέτη του οποίου η μαθηματική επεξεργασία αντικαθιστά την πειραματική, που χαρακτήριζε τις έρευνές του στην οπτική. Ήταν ο πρώτος που σύνδεσε το χώρο και το χρόνο με τους νόμους της μηχανικής. Βρέθηκε έτσι μπροστά στην ανάγκη να ορίσει τις έννοιες αυτές επιστημονικά. Παρόλο που για αυτόν ο χώρος και χρόνος έχουν αντικειμενική ύπαρξη, είναι ένα είδος φυσικής πραγματικότητας, ωστόσο δεν υπάρχει κάποια αλληλεξάρτηση μεταξύ τους, όπως και με τις έννοιες της ύλης και της κίνησης.

Το 1687, καρπός σκέψεων πολλών ετών και πολλών ετών σταθερής εφαρμογής, δημοσίευσε στο Λονδίνο το τρίτομο έργο του «*Μαθηματικές αρχές φυσικής φιλοσοφίας*» ( "*Philosophiae naturalis Principia Mathematica*" ), θεμέλιο της μηχανικής και όλης της κλασικής φυσικής. Στο έργο του αυτό, ο Newton παρουσίασε για πρώτη φορά, μαζί με το νόμο της βαρύτητας, τρεις νόμους σχετικά με την κίνηση των σωμάτων, τρεις νόμους θεμέλια της Κλασικής Μηχανικής. Στο παραπάνω έργο του θέτει τις έννοιες του απόλυτου χώρου και χρόνου και της απόλυτης κίνησης, της απόλυτης ηρεμίας και του προνομιούχου συστήματος αναφοράς. Οι παραδοχές αυτές οδήγησαν την επιστήμη σε δυσκολίες και αντιφάσεις, που ο ίδιος, όπως φαίνεται μέσα στο ίδιο έργο, το "Principia", συνειδητοποίησε πόσο δύσκολο ήταν να επαληθευτούν. Η "ύπαρξη" του απόλυτου χώρου και του αιθέρα εκτοπίστηκαν οριστικά από την περιοχή της επιστήμης ύστερα από δύο περίπου αιώνες, από τον Α.



Διάγραμμα από το απόσπασμα για την τροχιά της Σελήνης και τον υπολογισμό της κλίσης της

Einstein. Στο ίδιο έργο αναφέρεται και σε άλλους κλάδους της φυσικής, όπως στις κινήσεις των ρευστών, στους νόμους της κρούσης, στη λίκνιση της Σελήνης, στις πλατύνσεις των τροχιών των πλανητών κ.λπ. Ένα ακόμη μεγάλο μέρος του Principia ασχολείται με μια προσεκτική και ποσοτική ανασκευή του συστήματος του Deкарd, με το σύνολο των περιδινήσεων μέσα στις οποίες συγκρατιόταν κάθε πλανήτης. Με αυτό τον τρόπο ο Newton οδηγήθηκε στη θεμελίωση της επιστήμης της

υδροδυναμικής, συζητώντας και διασαφηνίζοντας τις έννοιες του ιξώδους και της αντίστασης του αέρα και βάζοντας πραγματικά μια βάση για τη μηχανική των ρευστών που θα αποκτούσε τα δικαιώματά της μόνο στις μέρες του αεροπλάνου. Ακόμα στο "Principia" έχει ορίσει τους γενικούς κανόνες με βάση τους οποίους έπρεπε να διατυπωθούν οι νόμοι της φύσης. Οι κανόνες αυτοί δείχνουν την αντίληψη που είχε για το πρόβλημα της αιτιότητας. Η επίδραση που είχε το έργο αυτό στην εξέλιξη της επιστήμης δύο ολόκληρους αιώνες και η αξία που διατηρεί ακόμα δεν έχουν το όμοιό τους στην ιστορία των φυσικών επιστημών.

**Νόμος Αδράνειας.** Όταν ένα σώμα βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας ή κινείται με σταθερή ταχύτητα, διατηρεί αυτή την κινητική του κατάσταση, εφόσον δεν επιδράσει κάποια δύναμη. Η αρχή αυτή είναι γνωστή και ως νόμος της αδράνειας και στην πραγματικότητα αποτελεί περιγραφή μιας από τις ιδιότητες των δυνάμεων, δηλαδή της ικανότητάς τους να μεταβάλλουν την ηρεμία σε κίνηση ή το αντίστροφο ή γενικά να αλλάζουν την κινητική κατάσταση των σωμάτων.

**Θεμελιώδης Νόμος Μηχανικής.** Ο δεύτερός του νόμος αφορά την ποσοτική περιγραφή των μεταβολών που μια δύναμη μπορεί να επιφέρει στην κίνηση ενός σώματος. Καθορίζει ότι ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας με τον χρόνο, δηλαδή την επιτάχυνση του σώματος είναι ευθέως ανάλογη προς τη δύναμη, που ασκείται πάνω σε αυτό και αντιστρόφως ανάλογη προς τη μάζα του σώματος.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Μονάδα μέτρησης των δυνάμεων είναι τα Newton (προς τιμή του Isaac Newton). Συμβολισμός N. Δύναμη 1N ισούται με δύναμη που δίνει επιτάχυνση 1m/sec<sup>2</sup> σε ένα σώμα μάζας 1 Kgr. 1N=105dynes.

**Νόμος Δράσης και Αντίδρασης.** Ο τρίτος, και τελευταίος, νόμος του Newton για την κίνηση, ορίζει ότι οι δυνάμεις στη φύση εμφανίζονται πάντοτε σε ζεύγη, καθορίζει δε ότι οι δράσεις μεταξύ δύο σωμάτων είναι πάντοτε ίσες και αντίθετες. Με άλλα λόγια, η αντίδραση είναι πάντοτε ίση και αντίθετη με την δράση.

**Νόμος Παγκόσμιας Έλξης (Βαρύτητας)**

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Όπου

F = Η βαρυντική δύναμη μεταξύ δύο σωμάτων/μαζών.

G = Παγκόσμια Βαρυντική Σταθερά,  $6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

m1 = Η μάζα του πρώτου σώματος.

m2 = Η μάζα του δεύτερου σώματος.

r = Η απόσταση μεταξύ των κέντρων μαζών των δύο σωμάτων.

<b>Οι νόμοι της κίνησης του Newton</b>	
<b>1.</b>	Κάθε σώμα διατηρεί την κατάσταση ηρεμίας ή της ομαλής κίνησής του σε μία ευθεία γραμμή μέχρι αυτή να μεταβληθεί εξαιτίας δυνάμεων που ασκούνται πάνω του.
<b>2.</b>	Ο ρυθμός μεταβολής της γραμμικής ορμής είναι ανάλογος προς την εφαρμοζόμενη δύναμη F και έχει την ίδια κατεύθυνση με τη δύναμη, δηλαδή: $F = d(mu)/dt = m(du/dt) = ma$ $a = F/m$ όπου m είναι η μάζα, u η ταχύτητα και a η επιτάχυνση του σώματος.
<b>3.</b>	Σε κάθε δράση αντιτίθεται πάντοτε μία ίση αντίδραση που κατευθύνεται αντίθετα από τη δράση.

Ο πρώτος νόμος ήταν συμπέρασμα του Γαλιλαίου που ισχυριζόταν ότι για να μεταβληθεί η ταχύτητα ενός σώματος χρειάζεται να επενεργήσει μία εξωτερική δύναμη, αλλά καμία εξωτερική δύναμη, δεν απαιτείται για την διατήρηση της ταχύτητας του σώματος, όπως πίστευαν οι αρχαίοι Έλληνες. Οι νόμοι του Newton για την κίνηση και τη βαρύτητα έχουν θεμελιώδη σημασία για την ουράνια μηχανική. Ένα γενικότερο σύστημα μηχανικής δόθηκε από τον Einstein με τη θεωρία της σχετικότητας. Το σύστημα αυτό ανάγεται στη Νευτώνεια Μηχανική όπου όλες οι ταχύτητες σε σχέση με τον παρατηρητή είναι μικρές, συγκρινόμενες με την ταχύτητα του φωτός.

Ο Newton έδειξε ότι οι τρεις νόμοι του Kepler για την κίνηση των πλανητών θα μπορούσαν να προκύψουν με μαθηματικό τρόπο από τη δική του θεωρία, η οποία δεν εξηγούσε μόνο τις κινήσεις αυτών, αλλά και πολλά άλλα φαινόμενα, όπως οι

παλίρροιες και οι ισημερίες. Οι νόμοι του Newton για την κίνηση έφεραν και τις πρώτες άμεσες αποδείξεις για τους νόμους του Kepler. Σύμφωνα με τους νόμους του Newton το ελαφρύτερο πάντα βρίσκεται σε τροχιά γύρω από το βαρύτερο σώμα. Επειδή ο ήλιος έχει περίπου 330.000 φορές περισσότερη μάζα από τη γη, είναι φυσικό επόμενο ο πλανήτης μας να πρέπει να κινείται γύρω από αυτόν. Μία άμεση παρατήρηση της γήινης κίνησης ήρθε το 1838 όταν μέτρησε ο Γερμανός αστρονόμος Friedrich Bessel τη μικροσκοπική μετατόπιση ενός κοντινού αστεριού σχετικά με τα πιο απόμακρα αστέρια.

Παρ' όλο που ο Newton χρησιμοποίησε τον απειροστικό λογισμό για να φτάσει στα αποτελέσματά του, πρόσεξε ώστε να δώσει στο *Principia* τη μορφή της κλασικής γεωμετρίας των Ελλήνων, που ήταν κατανοητή από τους άλλους μαθηματικούς και αστρονόμους. Η άμεση πρακτική συνέπεια του δημοσιεύματός του, ήταν η προσφορά ενός συστήματος υπολογισμού, που έδινε τη δυνατότητα να καθορίζονται οι θέσεις της σελήνης και των πλανητών με ένα ελάχιστο παρατηρήσεων, καθώς και με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από όση μπορούσαν να πετύχουν οι πρόδρομοί του, με την εμπειρική ανάπτυξη μακρινών σειρών. Τρεις παρατηρήσεις αρκούσαν π.χ. για να καθοριστεί η θέση ενός ουράνιου σώματος, για απεριόριστο χρόνο.

Την απόδειξη των παραπάνω, την έδωσε αμέσως μετά, ο Halley, με τον περίφημο κομήτη του, που προέβλεψε πετυχημένα την επιστροφή του με βάση τις θεωρίες του Newton. Με τη χρήση των θεωριών του Newton έγιναν πολύ πιο ακριβείς και οι ναυτικοί πίνακες.

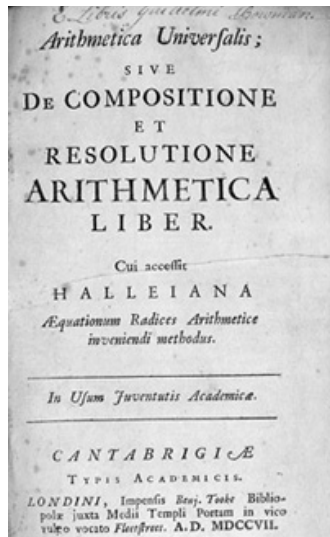
Στην εποχή του είχε ξεσπάσει μεγάλη διαμάχη για τη φύση του φωτός. Στα 1704 συγκέντρωσε τις μελέτες του, με τις οποίες ασχολούνταν περίπου από όταν ανέλαβε την έδρα στο Cambridge(1668), πάνω στην οπτική στο έργο του «*Optics*» (Οπτική), όπου υποστήριζε ότι το φως αποτελείται από μικρότατα σωμάτια που εκπέμπονται από τη φωτεινή πηγή, αντίθετα από το Huygens που στο έργο του "Πραγματεία για το φως" το 1690 υποστήριζε ότι το φως έχει κυματική φύση.

Τις τελευταίες δεκαετίες της ζωής του, η επιστημονική δράση του ήταν αρκετά περιορισμένη – αν εξαιρεθεί η δημοσίευση του έργου του «*Παγκόσμια Αριθμητική*»(1707) και η εντατική εργασία για τη δεύτερη έκδοση των *Αρχών*, που την έκανε σε συνεργασία με το νεαρό μαθηματικό Κωτς επί τέσσερα χρόνια(1709-1713) – και ο επιστήμονας αφιερώθηκε κυρίως σε θεολογικά και ιστορικά θέματα, για τα οποία είχε δείξει ενδιαφέρον από την εποχή που ήταν φοιτητής και σε ένα έργο για τη χρονολογία της αρχαιότητας, στο οποίο ασχολήθηκε, έστω και με διακοπές,



Ο κομήτης του Halley. Γίνεται ορατός δια γυμνού οφθαλμού στη Γη κάθε 76 χρόνια





Το εξώφυλλο της Παγκόσμιας Αριθμητικής του Newton, έκδοση του 1707

σαράντα περίπου χρόνια. Από στενά μαθηματική άποψη, ο Newton είναι, μαζί με το Leibniz, με τον οποίο είχε ζωηρότατες διαμάχες, που οφείλονταν ίσως, σε ένα βαθμό, στη δυσκολία και των δύο να συνεννοηθούν γλωσσικά, ο δημιουργός του απειροστικού λογισμού που ο ίδιος τον έλεγε διαφορικό λογισμό. Ο απειροστικός λογισμός, όπως αναπτύχθηκε από τον Newton, μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιήθηκε από αυτόν για την επίλυση ζωτικών προβλημάτων της φυσικής αλλά και για τη λύση μίας μεγάλης ποικιλίας μηχανικών και υδροδυναμικών προβλημάτων. Αμέσως έγινε το μαθηματικό όργανο για την κατανόηση των μεταβλητών της κίνησης, άρα ολόκληρης της εφαρμοσμένης μηχανικής. Και παρέμεινε αποκλειστικά τέτοιο, ως τον αιώνα μας.

Η μελέτη των καμπύλων με αλγεβρικές μεθόδους, των αλγεβρικών εξισώσεων και πολλοί κλάδοι της μαθηματικής γνώσης εκθέτονται με πρωτότυπο πάντα

τρόπο στη *Γενική Αριθμητική* του.

Στις 28 Φεβρουαρίου 1727 μπόρεσε, παρά την κλονισμένη υγεία του, να προεδρεύσει σε μία συνεδρίαση της Βασιλικής Εταιρείας, αλλά το ίδιο βράδυ είχε μία κρίση από την οποία δε συνήλθε. Πέθανε τη νύχτα μεταξύ 20 και 21 Μαρτίου και τάφηκε με μεγάλες τιμές στο αβαείο του Westminster.

Η επίδραση του έργου του Newton στην κατοπινή εξέλιξη της επιστήμης ήταν κολοσσιαία· σχεδόν επί δύο αιώνες - μέχρι την εμφάνιση της θεωρίας της σχετικότητας και την ανάπτυξη της θεωρίας των κβάντα που ήρθαν να καλύψουν τα «κενά» των νόμων του Newton, που δεν κατάφεραν να δώσουν ικανοποιητικές απαντήσεις στην κίνηση των σωμάτων με ταχύτητες που πλησιάζουν αυτή του φωτός και στις περιπτώσεις που τα φαινόμενα άπτονται του μικρόκοσμου - το ιδανικό των φυσικών ήταν να στηρίξουν όλη τη φυσική στα θεμέλια που έθεσε ο Newton.

### **Ο Newton αντικαθιστά τον Αριστοτέλη: Το καθιερωμένο σύμπαν ενάντια στο συντηρούμενο**

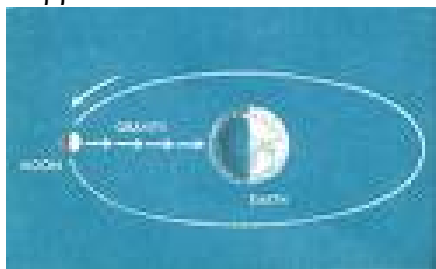
Η θεωρία του Newton για τη βαρύτητα και η συμβολή της στην αστρονομία σημειώνουν το τελικό στάδιο της μεταμόρφωσης του αριστοτελικού κοσμολογικού που είχε ξεκινήσει με τον Κοπέρνικο. Αντί για το όραμα των σφαιρών, που τη κίνησή τους προκαλούσαν ένα «πρώτον κινούν» ή οι άγγελοι με εντολή του Θεού, ο Newton παρουσίασε ένα μηχανισμό που λειτουργούσε σύμφωνα με έναν απλό φυσικό νόμο, ο οποίος δεν απαιτούσε τη συνεχή εφαρμογή δύναμης και που η θεία επέμβαση δε χρειαζόταν παρά μόνο για να τον δημιουργήσει και για να τον θέσει σε κίνηση.

Ο ίδιος ο Newton δεν υπήρξε απόλυτα βέβαιος για αυτό και άφησε ένα παραθυράκι ως προς τη θεία επέμβαση, για τη διατήρηση της σταθερότητας του συστήματος. Το παραθυράκι αυτό όμως έκλεισε από το Laplace. Η λύση του Newton, που περιέχει όλα τα μεγέθη που απαιτούνται για την πρακτική πρόβλεψη των θέσεων της σελήνης και των πλανητών, είναι ανεπαρκής όσον αφορά τα ερωτήματα που αφορούν την ύπαρξη οποιουδήποτε θείου σχεδίου. Πραγματικά, ο Newton πιστεύοντας πως είχε αποκαλύψει αυτό το σχέδιο δε θέλησε να θέσει περισσότερα ερωτήματα.

Ο Newton παράκαμψε την αδέξια παραδοχή που είχε κάνει για την ύπαρξη απόλυτης κίνησης υποστηρίζοντας - μιμούμενος τους πλατωνικούς του φίλους - πως

ο χώρος ήταν το κέντρο αίσθησης και γνώσης ή ο εγκέφαλος του Θεού και κατά συνέπεια, πρέπει να είναι απόλυτος. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγει να μπερδευτεί με ρελατιβιστικές θεωρίες. Η δική του θεωρία δεν έδινε κάποια εξήγηση για το γεγονός ότι όλοι οι πλανήτες βρίσκονται στο ίδιο περίπου επίπεδο και περιστρέφονται με τον ίδιο τρόπο – φαινόμενο για το οποίο οι στρόβιλοι του Deekard έδιναν μία εύκολη ερμηνεία. Ο Newton μεταμφίεσε τίμια την άγνοιά του για την προέλευση του κόσμου, λέγοντας πως αυτό ήταν το θέλημα του Θεού στην αρχή της δημιουργίας.

Μαζί με τον Newton έληξε και η εποικοδομητική φάση της Αναγέννησης και της Μεταρρύθμισης. Χρειαζόταν ένας νέος συμβιβασμός ανάμεσα στη θρησκεία και την επιστήμη, όπως ανάμεσα στη δημοκρατία και τη μοναρχία και στη μεγαλοαστική τάξη και τους ευγενείς. Το σύστημα του Newton για το σύμπαν αντιπροσώπευε μία σημαντική παραχώρηση από τη μεριά της θρησκευτικής ορθοδοξίας, γιατί με αυτό δε διακρινόταν πλέον το χέρι του Θεού σε κάθε ουράνιο ή επίγειο συμβάν, αλλά μονάχα στη γενική δημιουργία και οργάνωση του συνόλου. Ο Θεός πραγματικά, όπως και οι χρησμένοι από αυτόν επί της γης, είχε μετατραπεί σε συνταγματικό μονάρχη. Οι επιστήμονες από τη μεριά τους, δεσμεύτηκαν να μην καταπατήσουν τα οικόπεδα της θρησκείας – τον κόσμο της ανθρώπινης ζωής με τις ελπίδες και τις ευθύνες της. Ο συμβιβασμός αυτός κράτησε μέχρι το 19<sup>ο</sup> αιώνα όπου και ανατράπηκε από το Δαρβίνο.



Παγκόσμια Έλξη

Αν και το σύστημα της παγκόσμιας έλξης φαινόταν τότε – και φαίνεται και σήμερα – σαν το μέγιστο έργο του Newton, η επίδρασή του στην επιστήμη και έξω από αυτήν ήταν ακόμα πιο αποτελεσματική, χάρη στις μεθόδους που χρησιμοποίησε για να πετύχει τα αποτελέσματά του. Ο απειροστικός λογισμός του πρόσφερε ένα καθολικό μέσο για το πέρασμα από τις αλλαγές των ποσοτήτων στις ίδιες τις ποσότητες, και

αντίστροφα. Έδωσε το κατάλληλο μαθηματικό κλειδί για τη λύση των προβλημάτων της φυσικής επί 200 χρόνια. Διατυπώνοντας τους νόμους του για την κίνηση, που συνέδεαν τη δύναμη όχι με την κίνηση την ίδια, αλλά με τις μεταβολές της, αποκόπηκε οριστικά από την παλιά αντίληψη του κοινού νου πως η δύναμη ήταν απαραίτητη για τη διατήρηση της κίνησης και τοποθέτησε την τριβή, που κάνει το παραπάνω γεγονός απαραίτητο σε όλους τους πρακτικούς μηχανισμούς, σε ένα δευτερεύοντα ρόλο, που η κατάργησή του θα αποτελούσε το έργο ενός καλού μηχανικού. Με άλλα λόγια, ο Newton καθιέρωσε μία για πάντα μία δυναμική αντίληψη για το σύμπαν, αντί για τη στατική, που είχε ικανοποιήσει τους αρχαίους.

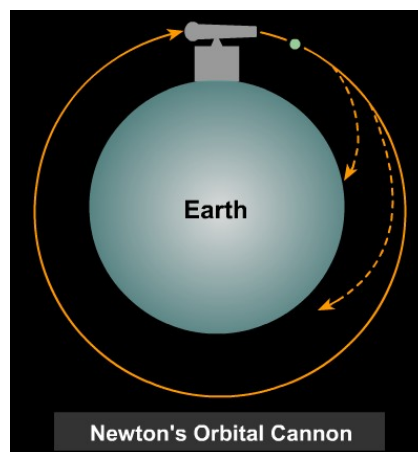
Ξέχωρα από αυτά τα επιτεύγματα, το έργο του Newton, προϊόν μιας τελικής εκλέπτυνσης πειραμάτων και υπολογισμών, επί ένα αιώνα, έδωσε μία αξιόπιστη μέθοδο που μπόρεσε να χρησιμοποιηθεί με εμπιστοσύνη από τους επιστήμονες των επόμενων εποχών. Οι νόμοι του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού οικοδομήθηκαν με βάση το Νευτώνειο πρότυπο, και η ατομική θεωρία των χημικών ήταν ένα άμεσο αποτέλεσμα των ατομικών θεωρητικών σκέψεων του Newton. Ταυτόχρονα, διαβεβαίωσε επιστήμονες και μη, ότι το σύμπαν ρυθμιζόταν από απλούς μαθηματικούς νόμους.

Οι ίδιες οι επιτυχίες του Newton έφεραν όμως μαζί τους και αντίστοιχα μειονεκτήματα. Οι ικανότητές του στάθηκαν τόσο μεγάλες, το σύστημά του φαινομενικά τόσο τέλει, ώστε αποθάρρυναν την επιστημονική πρόοδο του επόμενου αιώνα, ή την επέτρεψαν μόνο σε περιοχές που αυτός δεν είχε αγγίξει. Ο περιορισμός αυτός θα παρέμενε στα αγγλικά μαθηματικά, ως τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Η επίδραση

του Newton κράτησε ακόμη περισσότερο και από το σύστημά του, και ο γενικός τόνος που έδωσε στην επιστήμη έφτασε να θεωρείται τόσο πολύ σαν δεδομένος, ώστε οι σοβαροί περιορισμοί που συνεπαγόταν και που προέρχονταν σε μεγάλο βαθμό από τις θεολογικές προκαταλήψεις του, δεν αναγνωρίστηκαν ως την εποχή του Einstein, αλλά και πάλι δεν έχουν αναγνωριστεί πλήρως.

### Σύννομη

Μια από τις δυσκολίες που προκύπτουν από την ανασκόπηση των 2300 ετών της αστροφυσικής οφείλεται στο γεγονός ότι πολλές από τις προόδους που έγιναν από τους αστρονόμους, ήταν συγχρόνως και σημαντικές πρόοδοι στη φυσική. Η ανάλυση του Γαλιλαίου για το ρόλο της επιτάχυνσης στην κατανόηση των σωμάτων που πέφτουν καθώς και της κίνησης των βλημάτων, μπορεί να ταξινομηθεί ως καθαρή φυσική. Εν τούτοις, η αναγνώριση από τον Newton ότι η τροχιά της σελήνης γύρω από τη γη είναι ένα όριο της κίνησης ενός βλήματος, που έχει ριχθεί από τη γη, και η ανακάλυψη από αυτό της βαρύτητας σαν καθολική ιδιότητα των σωμάτων, πρέπει σίγουρα να εκληφθεί σαν μία αστροφυσική ανακάλυψη.



Γραφική αναπαράσταση της τροχιάς ενός βλήματος υπό την επίδραση της βαρύτητας

Οι εργασίες του Γαλιλαίου και του Newton στον 17<sup>ο</sup> αιώνα αντιπροσωπεύουν την πρώτη σημαντική πρόοδο από τα χρόνια του Πτολεμαίου, 15 αιώνες νωρίτερα. Η ίδια η Εκκλησία στάθηκε πολλές φορές εμπόδιο στο δρόμο της προόδου στο «αδρανές», για την επιστήμη, αυτό διάστημα. Οι αριστοτελικές θεωρίες είχαν υιοθετηθεί σε πολλούς τομείς από την Εκκλησία, με αποτέλεσμα ο Χριστιανικός κόσμος να αναγνωρίζει στα θεωρήματα του Αριστοτέλη ένα είδος αλάθητου και η εκκλησία να μην δέχεται ούτε καν ως πιθανή οποιαδήποτε άλλη εξήγηση δινόταν. Η αμφισβήτηση του Αριστοτέλη θα μπορούσε να κλονίσει και τα θεμέλια της ίδιας της Εκκλησίας που θα αποδεικνυόταν ότι και αυτή κάνει λάθη. Μπροστά σε αυτή την πιθανότητα η πανίσχυρη Καθολική Εκκλησία έσπευδε να αμφισβητήσει, ή και να απορρίψει εντελώς, όσες νέες ιδέες θεωρούσε πως μπορούσαν να της δημιουργήσουν προβλήματα.

Ο Θεός του Αριστοτέλη δεν είναι «κινούσα αιτία» δημιουργός, και αυτό συμφωνεί και με την αρχαία παράδοση που δε δέχεται δημιουργία από το μηδέν ούτε σχετίζει τη θεότητα με την ύλη. Ο κόσμος του Αριστοτέλη λοιπόν, πεπερασμένος και τέλειος, χωρίς ιδέα εξέλιξης, διατάσσεται σύμφωνα με το κριτήριο της μεγαλύτερης δυνατής προσέγγισης προς το Θεό, έναν υπέρτατο σκοπό στον οποίο υπάγονται και όλοι οι μερικότεροι σκοποί. Στην ανώτερη βαθμίδα της κλίμακας βρίσκεται ο ουρανός, που έχει γίνει από αιθέρα και ακολουθούν η φωτιά, ο αέρας, το νερό. Στο κέντρο της σφαίρας αυτής αιωρείται η Γη. Οι Ουρανοί την περιβάλλουν και ο Θεός περικλείει τα πάντα, διαιωνίζοντας την κίνηση με την έλξη του – κίνηση όχι εξελικτική, αλλά ανακύκλιση. Παρ' όλα αυτά οι διδασκαλίες του Χριστιανισμού δε βρίσκονταν όμως πάντα σε απόλυτη συμφωνία με τια απόψεις του Αριστοτέλη.

Διαφοροποιήσεις Χριστιανισμού από τη Διδασκαλία του Αριστοτέλη	
Ο κόσμος είναι αιώνιος	Ο κόσμος έχει δημιουργηθεί
Οι ιδιότητες των σωμάτων υπάρχουν ανεξάρτητα από την ύλη τους	Ο άρτος και ο οίνος μετουσιώνονται σε σώμα και αίμα, αλλά διατηρούν τις αρχικές τους ιδιότητες
Οι διαδικασίες της φύσης διέπονται από νόμους που δεν αλλάζουν	Οι νόμοι της φύσης ανατρέπονται με τα θαύματα
Η ψυχή δεν υπάρχει μετά το θάνατο του σώματος	Η ψυχή είναι αθάνατη

Οι περισσότερες από τις επιστημονικές και φιλοσοφικές ιδέες του Αριστοτέλη είναι σήμερα βέβαια ξεπερασμένες. Είναι αναμφισβήτητο όμως πως ο μεγάλος αυτός διανοητής διαμόρφωσε τη σκέψη και την επιστήμη οικουμενικά, σε πολλές περιπτώσεις μέχρι και τον 20<sup>ο</sup> αιώνα. Κατά τον 9<sup>ο</sup> αιώνα Άραβες μελετητές εισήγαγαν τη σκέψη του Αριστοτέλη στο Ισλάμ. Το 13<sup>ο</sup> αιώνα αναθερμάνθηκε το ενδιαφέρον για τα έργα του. Ο Αλβέρτος ο Μέγας και ο Θωμάς ο Ακινάτης ανακάλυψαν σε αυτά μία βάση για τη Χριστιανική σκέψη. Ακόμη και σήμερα η διδασκαλία της Καθολικής Εκκλησίας διαμορφώνεται σε διάφορα σημεία από τη φιλοσοφία του Αριστοτέλη.

Η απουσία τεχνολογικών εξελίξεων, πριν αλλά και κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα, υπήρξε άλλος ένας αποφασιστικός παράγοντας για την αποτροπή της προόδου των επιστημών. Η εμφάνιση του τηλεσκοπίου για παράδειγμα ήταν μία από τις τεχνολογικές εφευρέσεις που πυροδότησε πληθώρα εξελίξεων. Ο Newton και ο Γαλιλαίος είχαν μεγάλη συνεισφορά στην ανάπτυξή του. Ο Newton μάλιστα παρείχε την κρίσιμη σημαντική ανακάλυψη του τηλεσκοπίου ανάκλασης, ενώ και ο Γαλιλαίος ήταν ένας από τους πρώτους που εφήρμοσε, το - για την εποχή του -προσφάτως ανακαλυφθέν, διαθλαστικό τηλεσκόπιο στην αστρονομία. Η περιγραφή που έκανε, στον αντιπρόσωπο του Πάπα, για τις πρώτες παρατηρήσεις της σελήνης, του Δία και του Γαλαξία με τη βοήθεια του τηλεσκοπίου είναι ένα από τα ομορφότερα ντοκουμέντα στην ιστορία της επιστήμης.

Το τηλεσκόπιο ήταν φυσικό να βελτιώσει την ακρίβεια της αστρονομίας και να ανοίξει το δρόμο για πολλές σημαντικές ανακαλύψεις. Το 1728 ο James Bradley ανακάλυψε την παρέκκλιση, την κυκλική αλλαγή στη φαινόμενη θέση ενός αστεριού, που οφείλεται στη γήινη τροχιακή ταχύτητα γύρω από τον ήλιο και το 1838 ο Friedrich Bessel ανακάλυψε την παράλλαξη, την μικρή αλλαγή στη θέση των κοντινότερων αστεριών όπως φαίνεται από τις αντίθετες πλευρές της γήινης τροχιάς.

Κι ενώ όλα αυτά συνέβαιναν στο παρατηρησιακό επίπεδο του ηλιακού μας

συστήματος, το 1750, ένας νεαρός ερασιτέχνης αστρονόμος, ο Thomas Rite, δημοσίευσε μία θεωρία περί του Σύμπαντος και του Γαλαξία μας μέσα σε αυτό. Οι ιδέες του απέκτησαν σύντομα περισσότερο κύρος λόγω της υποστήριξης που έδειξε σε αυτές ο μεγάλος Γερμανός φιλόσοφος Emanuel Kant (1724 – 1804). Οι Rite και Kant υποστήριζαν την υπόθεση ότι ο Γαλαξίας μας, που δίνει



Εικόνα του Γαλαξία μας

την εντύπωση ενός φωτισμένου ποταμού πάνω στο νυχτερινό ουρανό, ήταν μόνο ένας από τους κόσμους νησιά που ήταν διάσπαρτοι στο σύμπαν. Υποστήριζαν μάλιστα ότι όλα τα άστρα που μας είναι ορατά ανήκουν στο δικό μας Γαλαξία. Όλες αυτές οι υποθέσεις που έκαναν οι δύο άντρες,

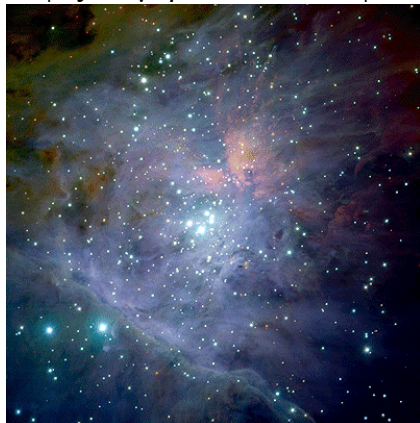


που βασίστηκαν ομολογουμένως μόνο σε λίγες παρατηρήσεις, αλλά που αποτέλεσαν όμως τη βάση από την οποία προχώρησε αργότερα ο William Herschel (1738 - 1822). Ο Herschel ήταν μουσικός και σε νεαρή ηλικία, το 1757, μετακόμισε από το Ανόβερο στο Λονδίνο. Σε ηλικία 35 χρόνων αγόρασε ένα βιβλίο Αστρονομίας και έκτοτε έγινε ένθερμος θιασώτης της επιστήμης του ουρανού.

Ο William Herschel, η επαγγελματική σταδιοδρομία του οποίου άρχισε μάλλον μετά την ανακάλυψη του πλανήτη Ουρανού, ενώ δούλευε ως μουσικός στην αυλή του βασιλιά Γεωργίου του III, μπορούσε να αφιερώνει πολύ χρόνο στην έρευνα των νεφελωμάτων. Έβαλε τα θεμέλια για τη σύγχρονη αστροφυσική των νεφελωμάτων, αλλά δεν μπορούσε να αποφασίσει εάν τα νεφελώματα ήταν ανεξήγητα συστήματα αστεριών ή νέφη διαστρικού αερίου, και ο Messier με τη σειρά του κατήρτισε ένα κατάλογο με τα απομακρυσμένα νεφελώματα αλλά και τους Γαλαξίες. Το 1800 ο Herschel έκανε μία άλλη ανακάλυψη, που ήταν το κλειδί για να ανοιχτεί ο δρόμος στην αστρονομία παρατηρήσεων με πολλά μήκη κύματος στον 20<sup>ο</sup> αιώνα. Βρήκε ότι ο ήλιος εξέπεμπε υπέρυθη ακτινοβολία, πέρα από το κόκκινο άκρο του φάσματος. Μερικά χρόνια αργότερα ο Johann Ritter εμπνεύστηκε από αυτό το γεγονός για να ψάξει την περιοχή του φωτός πέρα από το ιώδες άκρο του φάσματος, και ανακάλυψε έτσι την υπεριώδη ακτινοβολία.

Αργότερα εφαρμόστηκε η μέθοδος Doppler – Fizeau(1842) για την μεταβολή της έντασης των κυμάτων(αρχικά η έρευνα αφορούσε τα ηχητικά και έπειτα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ) ανάλογα με την απόσταση της πηγής εκπομπής τους. Στο 19<sup>ο</sup> αιώνα ανάγεται και η ανάπτυξη της αστροφυσικής με την ανακάλυψη των γιγάντων και νάνων αστερών από τους Hertzsprung – Russell αλλά και η εφαρμογή του φαινομένου Zeeman που επέτρεψε τη μέτρηση του μαγνητικού πεδίου των κηλίδων του Ήλιου.

Στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα ήρθε το δεύτερο μεγάλο τεχνολογικό εργαλείο της αστροφυσικής, ο φασματογράφος που μαζί με τον στεμματογράφο έφεραν τη γέννηση της Ραδιοαστρονομίας. Με τη χρήση του φασματογράφου έγινε αμέσως σαφές ότι μερικά από τα νεφελώματα, όπως το διάσημο στον Ωρίωνα, ήταν καυτά



Το Νεφέλωμα του Ωρίωνα

αεριώδη νέφη. Και το φάσμα της ατμόσφαιρας του ήλιου, που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια μιας έκλειψης, αποκάλυψε την παρουσία ενός νέου στοιχείου, το ήλιο. Έναν αιώνα αργότερα, το ήλιο επρόκειτο να αποδειχθεί με μεγάλη κοσμολογική σημασία.

Και έτσι οι αστρονόμοι εισήλθαν στον 20<sup>ο</sup> αιώνα με έναν ορίζοντα μεγαλύτερο από αυτόν του Αριστοτέλη, αλλά αυτό δεν ήταν τίποτα μπροστά σε αυτό που επρόκειτο να έρθει. Είχαν το τηλεσκόπιο και το φασματογράφο, τη νευτώνεια βαρύτητα και τις εφαρμογές της στις τροχιές του φεγγαριού και των πλανητών. Αλλά δυστυχώς δεν είχαν ακόμη στο οπλοστάσιό τους, καμία πραγματική αστροφυσική, καμία σχετικότητα, καμία κβαντική θεωρία και καμία πραγματική κοσμολογία.

## Οι εξελίξεις σε χημεία και μαθηματικά

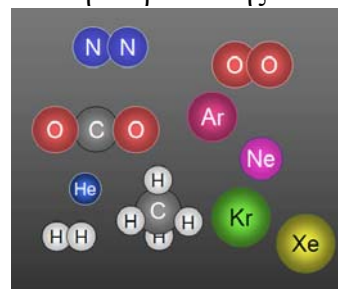
Τόσο η φυσική και ακόμη περισσότερο η αστρονομία απασχόλησαν εξαρχής τους λόγιους και τους φιλοσόφους, ή σε κάποιες περιπτώσεις τους ιερείς, των διαφόρων πολιτισμών. Οι διαπιστώσεις και οι ανακαλύψεις τους μπορούσαν να εξυπηρετήσουν και να βελτιώσουν πολλά επίπεδα της ζωής των λαών τους. Η αστρονομία ήταν, για παράδειγμα, ο λόγος που έγινε δυνατή η κατάρτιση ημερολογίων και που έδωσε τη δυνατότητα για τη δημιουργία χαρτών, και κατ' επέκταση την εξασφάλιση ασφαλέστερων ταξιδιών τόσο στην ξηρά όσο και στη θάλασσα, και η φυσική ήταν αυτή που διευκόλυνε τη ζωή του ανθρώπου με την εφεύρεση του τροχού ή την διαπίστωση πως ο αέρας και το νερό μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές περιπτώσεις ως κινητήριος δύναμη. Η χημεία και τα μαθηματικά όμως έβρισκαν εφαρμογή στην καθημερινή ζωή όλων των ανθρώπων από τις απარχές σχεδόν του κόσμου.

Ο όρος χημεία προήλθε από την αιγυπτιακή λέξη keme (κεμ), που σημαίνει γη. Χημεία είναι η επιστήμη που ασχολείται με τη σύσταση, τη δομή και τις ιδιότητες των υλικών, καθώς και τις μεταβολές στις οποίες υπόκεινται όταν συμβαίνουν χημικές αντιδράσεις, δηλαδή τις αναδιατάξεις των δομικών συστατικών της ύλης και, μέσω αυτών, τους μετασχηματισμούς που αυτοί υφίσταται. Ιστορικά, η σύγχρονη χημεία θεωρείται απόγονος της αλχημείας και εξελίχθηκε κατά την περίοδο της

Επιστημονικής Επανάστασης. Η χημεία συνδέεται με τη μελέτη ατόμων, μορίων, κρυστάλλων καθώς και ένα σύνολο από στοιχεία, είτε αυτά είναι απομονωμένα είτε βρίσκονται σε ενώσεις, και συνδέει την έννοια της ενέργειας με τις αυθόρμητες χημικές διαδικασίες. Παραδοσιακά, η χημεία ασχολείται με τους νόμους που διέπουν το σχηματισμό και τη διάσπαση των μορίων σε άτομα ή σε υποατομικά μέρη (πρωτόνια, νετρόνια, ηλεκτρόνια), ωστόσο σήμερα το πεδίο της μπορεί να επεκταθεί, ώστε να συμπεριλάβει τη δομή της ύλης σε πιο θεμελιώδες επίπεδο. Τα άτομα συνδυάζονται και παράγουν μόρια ή κρυσταλλικές ενώσεις. Η χημεία συχνά καλείται «Πυρήνας των Επιστημών» γιατί συνδέει όλες τις άλλες φυσικές επιστήμες, όπως την αστρονομία, τη φυσική, τη βιολογία και τη γεωλογία.

Οι τομείς της χημείας σήμερα ομαδοποιούνται ανάλογα με το υλικό που μελετάται ή σύμφωνα με το είδος της μελέτης. Δύο μεγάλοι και βασικοί της κλάδοι είναι η ανόργανη και η οργανική χημεία. Η ανόργανη χημεία μελετά όλα τα χημικά στοιχεία καθώς και τις πολυποίκιλες ενώσεις τους με μόνη εξαίρεση τις οργανικές ενώσεις, δηλαδή τις ενώσεις του άνθρακα, που είναι το αντικείμενο της οργανικής χημείας.

Κάποιοι άλλοι κλάδοι της είναι η βιοχημεία, που μελετά τις χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται στους ζωντανούς οργανισμούς, η φυσικοχημεία, που κύριο αντικείμενό της έχει να μετρά διάφορα μεγέθη κατά το σχηματισμό ή μετασχηματισμό των χημικών ουσιών, την αναλυτική χημεία που ασχολείται με την ανάλυση δειγμάτων υλικού, μιας ουσίας ή ενός μείγματος, προκειμένου να αναγνωριστεί η σύνθεση και η δομή του και η θερμοχημεία που έχει σαν αντικείμενο μελέτης και έρευνας τις σημειούμενες μεταβολές της θερμικής ενέργειας στη διάρκεια των χημικών αντιδράσεων, δηλαδή των θερμοτήτων των χημικών αντιδράσεων καθώς και τη θερμική εκμετάλλευση των εκάστοτε τιμών αυτών. Με το



Άτομα και Μόρια. Άζωτο, οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, αργό, νέον, ήλιο, υδρογόνο, μεθάνιο, κρυστάλλο, ξένο.

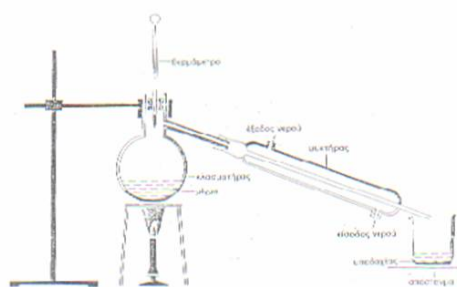
πέρασμα των χρόνων έχουν προκύψει και άλλοι πιο εξειδικευμένοι τομείς της χημείας όπως είναι για παράδειγμα η νευροχημεία που μελετά τη χημεία του νευρικού συστήματος.

Η γέννηση της χημείας μπορεί να αποδοθεί σε διάφορες πρακτικές, γνωστές ως αλχημεία, οι οποίες ασκούνταν για αιώνες σε διάφορα μέρη ανά τον κόσμο, και κυρίως στη Μέση Ανατολή. Μία από αυτές, τις ευρέως παρατηρούμενες πρακτικές, είναι το φαινόμενο της καύσης που οδήγησε στη μεταλλουργία – την τέχνη και την επιστήμη της επεξεργασίας ορυκτών για την παραγωγή μετάλλων(μεταλλουργία στην αρχαία Ινδία).

Η ιστορία της αλχημείας αρχίζει με τον Αιγύπτιο ιερέα- βασιλιά Ερμή. Σήμερα θεωρούμε ότι οι αρχές της αλχημείας αποτελούσαν τεχνικές επεξεργασίας και χρωματισμού των μετάλλων, οι οποίες φυλάσσονταν ως μυστικιστική γνώση του ιερατείου. Σε αυτή τη γνώση αναφέρονταν διάφορα βιβλία στην ελληνική γλώσσα από τον 1<sup>ο</sup> μέχρι τον 3<sup>ο</sup> μ. Χ. αιώνα και η οποία εξελίχθηκε με την πάροδο των αιώνων σε ένα συνονθύλευμα πληροφοριών από την αιγυπτιακή μαγεία, την ελληνική φιλοσοφία, την μυθολογία των λαών της ανατολικής Μεσογείου και από την Χριστιανική θεολογία.

Η απληστία όμως για χρυσό οδήγησε στην προσπάθεια για την ανακάλυψη μιας διαδικασίας για τον διαχωρισμό του από άλλα υλικά. Παρ' όλα αυτά, οι αρχές μιας τέτοιας διαδικασίας δεν ήταν πλήρως κατανοητές. Πολλοί λόγιοι εκείνων των εποχών θεωρούσαν ότι είναι λογικό να πιστεύουν πως υπάρχουν μέσα για τη μετατροπή των κοινών μετάλλων σε χρυσό, σε χρυσό και όχι σε κάποιο άλλο μέταλλο γιατί αυτός ήταν που θεωρούνταν από πολλούς το «τέλειο μέταλλο». Αυτό άνοιξε το δρόμο στην αλχημεία, και την αναζήτηση της Φιλοσοφικής Λίθου, η οποία πιστευόταν ότι θα έκανε δυνατή αυτή τη μετατροπή με ένα και μόνο άγγιγμα αλλά και θα μπορούσε να χαρίσει την αιώνια ζωή.

Η παραγωγή των μετάλλων υπήρξε το πραγματικό σχολείο της χημείας. Η εκτεταμένη εξόρυξη θα έφερνε στο φως νέα ορυκτά, ακόμα και νέα μέταλλα όπως τον ψευδάργυρο, το βισμούθιο και το κοβάλτιο. Έπρεπε να βρεθούν και να βελτιωθούν τρόποι διαχωρισμού και επεξεργασίας τους. Έτσι, όμως άρχισε να διαμορφώνεται, αδιόρατα στην αρχή, μια γενική θεωρία της χημείας, που περιλάμβανε οξειδώσεις και αναγωγές, αποστάξεις και αμαλγαματώσεις. Η προσπάθεια να βρεθεί η μέθοδος μετατροπής ενός ορυκτού σε πολύτιμο μέταλλο, σημαίνει τήξη σε μικρή αλλά καθορισμένη κλίμακα. Αυτό έγινε η βάση για το χημικό πείραμα και τη χημική ανάλυση.



Συσκευή Απόσταξης

Πολλές σύγχρονες επεξεργασίες χημικών ουσιών, όπως η απόσταξη ή η διαδικασία μετατροπής των υγρών σε αέρια, βασίζονται στις αρχές της αλχημείας. Οι άνθρωποι δεν έπαψαν να πιστεύουν σε αυτή από τη μια στιγμή στην άλλη. Σταδιακά, όμως, αναπτύχθηκε και η σύγχρονη χημεία, οι πρώτες εφαρμογές της οποίας εμφανίστηκαν στην Ευρώπη του 16ου αιώνα, περίοδο κατά την οποία οι

παλιές συνθήκες ανατρέπονταν. Τότε οι άνθρωποι άρχισαν να συνειδητοποιούν ότι κάποιες εφαρμογές των αλχημιστών μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την παρασκευή φαρμάκων αποφέροντας μεγαλύτερα κέρδη.

Πιστεύεται ότι οι Μουσουλμάνοι του Μεσαίωνα ήταν οι πρώτοι χημικοί, που εισήγαγαν την ακριβή παρατήρηση και τον ελεγχόμενο πειραματισμό στο

προσκήνιο, και ανακάλυψαν πολλές χημικές ουσίες. Από αυτούς, οι χημικοί που επηρέασαν περισσότερο την ροή της ανάπτυξης της χημείας είναι ο Geber(815), ο al-Kindi (873), ο al – Razi(925), και ο al – Biruni(1048). Τα έργα του Geber έγιναν ευρέως γνωστά στην Ευρώπη μέσω της μετάφρασής τους στα Λατινικά το 14<sup>ο</sup> αιώνα στην Ισπανία. Η συνεισφορά των Ινδών αλχημιστών και μεταλλουργών στην ανάπτυξη της χημείας, θεωρείται επίσης αρκετά αξιοσημείωτη.

Η ανάδυση της χημείας στην Ευρώπη έγινε παράλληλα με τα επαναλαμβανόμενα περιστατικά πανώλης και εξαιτίας των καταστροφών που συνέβαιναν κατά την διάρκεια του Μεσαίωνα. Αυτό ανέδειξε την ανάγκη για φάρμακα. Πιστευόταν πως υπήρχε ένα παγκόσμιο φάρμακο που θα μπορούσε να γιατρέψει όλες τις αρρώστιες και λεγόταν το Ελιξίριο της Ζωής, αλλά όπως και η Φιλοσοφική Λίθος δε βρέθηκε ποτέ.

Για μερικούς πρακτικούς, η αλχημεία ήταν ένα διανοητικό απόκτημα το οποίο κέρδιζαν με το πέρασμα του χρόνου. Ο Παράκελσος (1493-1541), για παράδειγμα, απέρριψε την θεωρία των τεσσάρων στοιχείων και αν και είχε μόνο μία ασαφή εικόνα και αντίληψη για τα χημικά και τα φάρμακα, δημιούργησε μια υβριδική αλχημεία η οποία ονομάστηκε ιατροχημεία.



Παράκελσος (1493-1541)

Η επανάσταση που έκανε την αστρονομία και τη φυσική σύγχρονες επιστήμες είχε ήδη πραγματοποιηθεί από τον 17<sup>ο</sup> αιώνα, η επανάσταση που δημιούργησε τη χημεία, όμως, βρισκόταν σε πλήρη εξέλιξη κατά την περίοδο μετά τα τέλη του 18<sup>ου</sup> αιώνα. Από όλες τις επιστήμες, η χημεία ήταν η πιο στενά και άμεσα συνδεδεμένη με τη βιομηχανική πρακτική, ιδίως με τη λεύκανση και τη βαφή στην κλωστοϋφαντουργία, πράγμα που συνδέει την εξέλιξή της τόσο με τη Βιομηχανική όσο και με τη Γαλλική Επανάσταση (ίδρυση εκπαιδευτικών ιδρυμάτων και τεχνικών σχολών). Τα άτομα που επηρέασαν την πορεία της χημείας, εξάλλου, δεν ήταν μόνο πρακτικοί άνθρωποι που συνδέονταν με άλλους πρακτικούς ανθρώπους, όπως ο Dalton και ο Priestley, αλλά συχνά και πολιτικοί επαναστάτες, όπως για παράδειγμα ο Priestley και ο Lavoisier που έγιναν θύματα της Γαλλικής Επανάστασης: ο Priestley στα χέρια του όχλου των Τόρηδων και ο Lavoisier στην γκιλοτίνα.

Από τους πρώτους που ασχολήθηκαν με τη χημεία, ήταν ο van Helmont (1577 – 1644), ευγενής που είχε σπουδάσει ιατρική και ήταν οπαδός του Παράκελσου, του οποίου τις μυστικιστικές απόψεις επιδοκίμαζε. Οι ιδέες του πάνω στη χημεία χρονολογούνται από την εποχή των Ιώνων, που πίστευαν πως τα μοναδικά στοιχεία ήταν το νερό και ο αέρας. Αυτό όμως δεν ήταν φιλοσοφική υπόθεση, αλλά συμπέρασμα, μιας και ο ίδιος ανάπτυξε μια ιτιά από σπόρο μέσα σε μια γλάστρα, όπου έριχνε μόνο νερό . Ήταν ο πρώτος που ονόμασε και μελέτησε αέρια. Η χημεία ακολούθησε την αργή και σταθερή πορεία της, διευρύνοντας την πειραματική βάση των μετρήσεών της και αυξάνοντας την κλίμακα εργασίας, ιδιαίτερα στην απόσταξη των οινόπνευματων.

Αντίστοιχα με την επιρροή φιλοσόφων όπως ο Sir Francis Bacon (1561 - 1650) και ο Rene Descartes, που απαίτησαν περισσότερη αυστηρότητα στο διαχωρισμό των μαθηματικών και των άλλων επιστημονικών παρατηρήσεων, που οδήγησε στην Επιστημονική Επανάσταση, στη χημεία, αυτό άρχισε με τον Robert Boyle (1627 - 1691), που επινόησε μία εξίσωση γνωστή σαν το Νόμο του Boyle για τα χαρακτηριστικά των αερίων. Η χημεία ωστόσο ενηλικιώθηκε με τον Antoine Lavoisier, που ανέπτυξε τη θεωρία της Διατήρησης της Μάζας, το 1783, και την ανάπτυξη της ατομικής θεωρίας από τον John Dalton στα 1800.



Η ανακάλυψη του κενού αποτέλεσε το βήμα που θα μπορούσε να οδηγήσει στην ανάπτυξη της χημείας κατά το 17<sup>ο</sup> αιώνα, αντί για 100 χρόνια αργότερα. Η αντλία του κενού έδειξε πως ο αέρας ήταν απαραίτητος για την καύση και την αναπνοή. Οι Boyle, Hooke και Maeww σχεδόν πέτυχαν να αποδείξουν πως ο αέρας περιείχε κάτι που ήταν ουσιαστικό για την καύση και που έκανε το αρτηριακό αίμα ερυθρό. Οι Boyle και Maeww προσπάθησαν να το ονοματίσουν, αλλά η ονομασία οξυγόνο ήρθε αργότερα από τον Lavoisier. Δεν υπήρξαν όμως περαιτέρω ανακαλύψεις για δύο βασικούς λόγους :

- ✓ έλλειψη κατάλληλης επιστημονικής θεωρίας και
- ✓ ανεπάρκεια τεχνικής και υλικών.

Ο ίδιος ο Boyle μπόρεσε να δώσει τον ορισμό του στοιχείου ως κάποιου απλού συστατικού της Γης, το οποίο δεν μπορεί να αναλυθεί περαιτέρω. Κάθε ουσία που μπορεί να αναλυθεί σε απλούστερα στοιχεία δεν είναι η ίδια στοιχείο.

Δυστυχώς η τεχνική της χημείας δεν μπορούσε να υποστηρίξει τον ορισμό ή να δώσει κάποια εγγύηση για την ύπαρξη και τη φύση των στοιχείων, έτσι το κριτήριο του Boyle δε μπόρεσε να εφαρμοστεί για 100 χρόνια. Η ανακάλυψη των χημικών στοιχείων ωστόσο έχει μακρά ιστορία που βρίσκει τις ρίζες της στις μέρες της αλχημείας και φτάνει στην ανάπτυξη του περιοδικού πίνακα των χημικών στοιχείων από τον Dmitri Mendeleev (1834 - 1907) και τη μετέπειτα ανακάλυψη ορισμένων συνθετικών στοιχείων.

Key																																					
atomic number	symbol																																				
1	H	2	He																																		
3	Li	4	Be	5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne																						
11	Na	12	Mg	13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar																						
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr		
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe		
55	Cs	56	Ba	57-70	* Lanthanoids	71	Hf	72	Ta	73	W	74	Re	75	Os	76	Ir	77	Pt	78	Au	79	Hg	80	Tl	81	Pb	82	Bi	83	Po	84	At	85	Rn		
87	Fr	88	Ra	89-102	** Actinoids	103	Lr	104	Rf	105	Db	106	Sg	107	Bh	108	Hs	109	Mt	110	Uu	111	Uu	112	Uu	113	Uu	114	Uu	115	Uu	116	Uu	117	Uu	118	Uu
57	La	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb										
89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No										

Ο Περιοδικός Πίνακας όπως είναι διαμορφωμένος σήμερα.

Η χημεία υπήρξε αντικείμενο μελέτης και από τον Newton στα τέλη του 17<sup>ου</sup> αιώνα. Μετά την αποφοίτησή του από το Trinity College ερεύνησε το χώρο της μεταλλουργίας. Οι χημικές και μεταλλουργικές του έρευνες είχαν τον πρακτικό σκοπό να πετύχει ένα κατάλληλο κράμα για την κατασκευή καλών καθρεφτών, αν και προσπάθησε να εφαρμόσει και την αλχημεία θέλοντας να καταφέρει να παράγει χρυσό. Αν και ο Newton εργάστηκε περισσότερο στη χημεία παρά στη φυσική, δεν προχώρησε περισσότερο στη πράξη. Στη θεωρία είχε διαμορφώσει, την εικόνα ενός ατόμου που αποτελείται από επάλληλες στοιβάδες, συγκρατούμενες διαδοχικά, όλο και πιο σταθερά. Η πρόβλεψη αυτή του νεώτερου ατόμου με τα ηλεκτρόνια και τον πυρήνα του, έμεινε ξεχασμένη για σχεδόν 300 χρόνια.

Στις αρχές του 18<sup>ου</sup> αιώνα απομονώθηκαν οι πρώτες οργανικές ενώσεις. Ο πρώτος που τις μελέτησε συστηματικά ήταν ο Scheele, ο οποίος απομόνωσε πλήθος οργανικών ενώσεων από φυτικές και ζωικές ύλες. Την ίδια περίοδο εμφανίστηκε επίσης η ακριβής ποσοτική μέτρηση, καθώς και ένα πρόγραμμα περαιτέρω έρευνας στο θέμα.

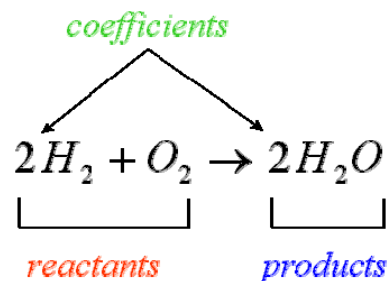
Ο ουσιαστικός ιδρυτής της χημείας, ο Lavoisier (1743-1794), δημοσίευσε το βασικό του έργο, «*Traite Elementaire de Chimie*», τη χρονιά ακριβώς της Γαλλικής Επανάστασης. Ο νόμος της Διατήρησης της Μάζας του Lavoisier οδήγησε στην αναμόρφωση της χημείας: αναμόρφωση που στηρίχθηκε στο νόμο αυτό αλλά και στη θεωρία για την καύση του οξυγόνου, που προήλθε, επίσης, μέσω του έργου του Lavoisier. Οι θεμελιώδεις συνεισφορές του Lavoisier στη χημεία ήταν το αποτέλεσμα μιας συνειδητής προσπάθειας να οργανωθούν όλα τα πειράματα στα πλαίσια μίας και μόνο θεωρίας. Σε αυτόν αποδίδεται η ονομασία του οξυγόνου, καθώς ήταν ο πρώτος που κατανόησε τη χημική και βιολογική λειτουργία του στοιχείου, και μελέτησε το φαινόμενο της ζύμωσης αλλά και της αναπνοής ως ένα είδος καύσης οξυγόνου. Στον Lavoisier αποδίδεται και ο καθορισμός των όρων οξείδια, οξέα και άλατα που χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα στην χημική ορολογία. Ήταν επίσης αυτός που εφηύρε τον χημικό ζυγό και διαχώρισε το νερό στα συστατικά του. Ο Lavoisier, καθιέρωσε τη συνεχή χρήση της χημικής ισορροπίας, χρησιμοποίησε οξυγόνο ώστε να ανατρέψει τη θεωρία του φλογίστου αλλά και ανακάλυψε το άζωτο ως συστατικό του ατμοσφαιρικού αέρα και χρησιμοποίησε ένα νέο σύστημα χημικής ονοματολογίας ενώ συνείσφερε ακόμα και στο σύγχρονο μετρικό σύστημα. Ο Lavoisier εργάστηκε πάνω στη μετάφραση αρχαϊκών και τεχνικών γλωσσών χημείας σε κάτι ευκολότερα κατανοητό από τον κυρίως πληθυσμό, που κατά το μεγαλύτερο μέρος του ήταν αμόρφωτος, και αυτό οδήγησε στην αύξηση του ενδιαφέροντος για τη χημεία. Όλες αυτές οι προόδους στη χημεία οδήγησαν σε αυτό που συχνά αποκαλείται και ως χημική επανάσταση.

Είναι εξαιτίας της συνεισφοράς του αυτής, που ο Antoine Lavoisier καλείται πατέρας της σύγχρονης χημείας, καθώς με τον τρόπο αυτό έβαλε τις βάσεις για τις ανακαλύψεις των δυο επόμενων αιώνων.

Αργότερα ήρθε από τον Dalton (1803 - 1810) και η κεντρική έννοια της ατομικής θεωρίας που επέτρεψε την εφεύρεση του χημικού τύπου, και έτσι έγινε δυνατό να ξεκινήσει η μελέτη της χημικής δομής, που με τη σειρά της έδωσε την ώθηση για την πραγματοποίηση πληθώρας νέων πειραμάτων.

Η χημεία ωστόσο είχε μία επαναστατική συνέπεια – την ανακάλυψη ότι η ζωή μπορεί να αναλυθεί βάση των ανόργανων επιστημών. Κατά το 18<sup>ο</sup> αιώνα οι φυσικοί πίστευαν ότι για να συντεθεί μία οργανική ένωση ήταν απαραίτητη η ζωική δύναμη την οποία διαθέτουν μόνο οι ζωντανοί οργανισμοί. Όμως το 1828 ο Friedrich Wohler ανακάλυψε μία οργανική ένωση που μπορούσε να παρασκευαστεί εργαστηριακά. Αυτό το πέτυχε τυχαία, όταν με θέρμανση κυανικού αμμωνίου παρασκεύασε την ουρία, η οποία είναι οργανική ένωση. Η ανακάλυψη αυτή, ότι πολλές φυσικές ουσίες και οργανικές ενώσεις, μπορούν να παραχθούν σε ένα χημικό εργαστήριο βοήθησε στην ανάπτυξη και την εξέλιξη της χημείας ανοίγοντας το δρόμο στον νέο κλάδο της οργανικής χημείας.

Παρ' όλα αυτά ούτε η μηχανική ούτε η χημεία επέτρεπαν ακόμη στο βιολόγο, να προχωρήσει πολύ μακριά, αν και είχε ήδη περιοριστεί η πεποίθηση ότι έμψυχη και άψυχη ύλη διέπονται από διαφορετικούς φυσικούς νόμους. Η πιο βασική πρόοδος στην περίοδο αυτή, η ανακάλυψη των Schleiden και Schwann, ότι όλοι οι ζώντες οργανισμοί αποτελούνται από πλήθος κυττάρων(1838-39), δημιούργησε για τη



*Παράδειγμα τυπικής χημικής εξίσωσης. Στα αριστερά βρίσκονται τα αντιδρόντα και στα δεξιά τα προϊόντα. Βλέπουμε επίσης την εφαρμογή της αρχής της διατήρησης της μάζας.*

βιολογία κάτι αντίστοιχο με την ατομική θεωρία. Η ώριμη όμως φάση της βιοφυσικής και της βιοχημείας ήταν ακόμη πολύ μακριά.

Τον 19<sup>ο</sup> αιώνα, η χημεία ήταν από τις σθεναρές επιστήμες, και επομένως προσέλκυε – όπως άλλωστε και κάθε δυναμικό θέμα – πλήθος ικανών λογίων και μελετητών. Εντούτοις, η ατμόσφαιρα και οι ακολουθούμενες μέθοδοι της χημείας παρέμειναν εν πολλοίς αυτές του 18<sup>ου</sup> αιώνα.

Στα μαθηματικά πραγματοποιήθηκε μία βαθύτερη ακόμη επανάσταση από ότι στη χημεία, αλλά λόγω της φύσης του θέματος ήταν λιγότερο εμφανής. Αντίθετα με τη φυσική, που παρέμεινε στα πλαίσια του 17<sup>ου</sup> αιώνα, και τη χημεία, που αναπτύχθηκε ευρέως μέσα από το χάσμα που ανοίχτηκε το 18<sup>ο</sup> αιώνα, τα μαθηματικά στην περίοδο αυτή, και ιδιαίτερα μετά τα τέλη του 18<sup>ου</sup> αιώνα, μπήκαν σε εντελώς νέες διαστάσεις, πολύ πέρα από αυτή των Ελλήνων, που δέσποζε ακόμη στην αριθμητική και την επιπεδομετρία, και πέρα από τον κόσμο του 17<sup>ου</sup> αιώνα που κυριαρχούσε η ανάλυση.

Τα μαθηματικά είναι ο ακαδημαϊκός τομέας, που περιλαμβάνει τη μελέτη των ποσοτήτων, των δομών, του χώρου και των μεταβολών, μέσω της απαγωγής και των λογικών επιχειρημάτων. Περιλαμβάνουν αρίθμηση, υπολογισμό και μέτρηση καθώς και συστηματική μελέτη σχημάτων και κινήσεων των φυσικών αντικειμένων. Αποσπάσματα των θεμελιακών τους ιδεών είναι εμφανή σε ευρήματα και μαθηματικά κείμενα που προέρχονται από την αρχαία Αίγυπτο, τη Μεσοποταμία, από τους Ινδιάνους, τους Κινέζους, τους Έλληνες –στους οποίους και αποδίδεται ο όρος μαθηματικά, που προέρχεται από τη λέξη μάθημα - και τον Ισλαμικό κόσμο. Τα πρώτα ακριβή στοιχεία εμφανίζονται στα Ελληνικά μαθηματικά, με κυριότερο αντιπρόσωπο τον Ευκλείδη και το αξιοσημείωτο έργο του «Στοιχεία». Τα Στοιχεία θεωρούνται μέχρι σήμερα ένα από τα σημαντικότερα μαθηματικά έργα όλων των εποχών, παρά το γεγονός ότι πλέον, όπως υπολογίζεται, εκδίδονται ετησίως γύρω στα 75.000 μαθηματικά έργα.

Η μελέτη της δομής που θεματοποιείται σήμερα στα πλαίσια της άλγεβρας, προέκυψε κυρίως από τις ανάγκες εμπορικών υπολογισμών και ξεκίνησε με την πρακτική αριθμητική, δηλαδή με τους φυσικούς αριθμούς και τις τέσσερις βασικές αριθμητικές πράξεις, καθώς και με την επίλυση απλών γραμμικών εξισώσεων. Οι γενικότερες ιδιότητες των αριθμών εξετάστηκαν αργότερα από τη θεωρία αριθμών, ενώ οι γραμμικές εξισώσεις μελετούνται στα πλαίσια της γραμμικής άλγεβρας.

Η εξέλιξη των μαθηματικών μπορεί να αντιμετωπιστεί σαν μία αέναα αυξανόμενη σειρά αφηρημένων εννοιών. Η πρώτη έννοια είναι πιθανώς αυτή των αριθμών.

Η θεμελιώδης αριθμητική - πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμός και διαίρεση - ήταν, ως αναμενόμενο, το επόμενο βήμα. Χρειάστηκε όμως να γίνουν

πολλά επιπλέον βήματα για το γράψιμο ή την καταγραφή αριθμητικών δεδομένων, όπως για παράδειγμα με σημάδια ή κλωστές με κόμπους – quipu, όπως το αποκαλούσαν οι Incas που το χρησιμοποιούσαν. Αριθμητικά συστήματα, υπήρχαν πολλά και διαφορετικά, με τους πρώτους γνωστούς γραπτούς αριθμούς να έχουν δημιουργηθεί από τους Αιγύπτιους του Μέσου Βασιλείου, όπως διαπιστώθηκε από κείμενα που έχουν βρεθεί, όπως ο Μαθηματικός Πάπυρος του Rhind. Ο πολιτισμός της Κοιλιάδας των Ινδιάνων ήταν αυτός που ανέπτυξε το μοντέρνο δεκαδικό σύστημα, έχοντας

συμπεριλάβει και την ιδέα του 0.

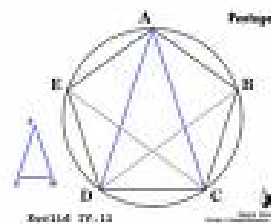
0	1	2	3	4
	•	••	•••	••••
5	6	7	8	9
	•	••	•••	••••
10	11	12	13	14
	•	••	•••	••••
15	16	17	18	19
	•	••	•••	••••

Οι αριθμοί των Maya

Από την αρχή της καταγεγραμμένης ιστορίας, οι κυριότερες αρχές των μαθηματικών προέκυψαν από την ανάγκη να γίνουν υπολογισμοί σχετικοί με τη φρολογία και το εμπόριο, για να γίνει κατανοητή η σχέση μεταξύ αριθμών, να μετρηθεί η γη ή να προβλεφθούν αστρονομικά γεγονότα.

Τα μαθηματικά έκτοτε επεκτάθηκαν πολύ, και υπήρξε μία εξαιρετικά καρποφόρα αλληλεπίδραση μεταξύ μαθηματικών και άλλων επιστημών, προς όφελος και των δύο πλευρών. Κατά τη διάρκεια της ιστορίας οι μαθηματικές εξελίξεις δε σταμάτησαν ποτέ ενώ συνεχίζονται να γίνονται και σήμερα νέες ανακαλύψεις.

Η μελέτη του χώρου και του σχήματος, που ξεκίνησε από αστρονομικές παρατηρήσεις (Βαβυλώνιοι) ή και από μετρήσεις εμβαδών (Αιγύπτιοι), θεμελιώθηκε ήδη από τη γεωμετρία του Ευκλείδη. Το έργο του Ευκλείδη υπήρξε ίσως ο πρώτος μεγάλος σταθμός στην ιστορία των μαθηματικών, καθώς εισήγαγε την αξιωματική μέθοδο, η οποία δεν εγκατέλειψε ποτέ τα μαθηματικά. Ακόμη, οι κατασκευές με κανόνα και διαβήτη – βασική αποδεικτική μέθοδος και στον Ευκλείδη – απασχόλησαν τους μαθηματικούς για πολύ καιρό: ο τετραγωνισμός του κύκλου, ο διπλασιασμός του κύβου και η τριχοτόμηση της γωνίας, αποδείχτηκε μόλις το 19<sup>ο</sup> αιώνα ότι δεν μπορούν να επιτευχθούν με αυτή τη μέθοδο.



Το κανονικό πεντάγωνο του Ευκλείδη.

Η εξέλιξη των μαθηματικών, μετά την εποχή του Ευκλείδη, συνεχίστηκε με σποραδικές εκρήξεις προόδων μέχρι την Αναγέννηση τον 16<sup>ο</sup> αιώνα, όταν οι μαθηματικές καινοτομίες αλληλεπιδρούσαν με τις επιστημονικές ανακαλύψεις. Όπως σε πολλούς τομείς μελέτης, η έκρηξη γνώσης στην εποχή της Επιστημονικής Επανάστασης οδήγησε και τα μαθηματικά σε ένα άλλο επίπεδο εξέλιξης.

Λίγοι μη μαθηματικοί θα μπορούσαν να εκτιμήσουν τη σοβαρότητα της καινοτομίας που έφεραν στην επιστήμη, στα 1800, η θεωρία των συναρτήσεων μιγαδικών μεταβλητών από τους Gauss, Cauchy, Abel και Jacobi, ή η ανάπτυξη της θεωρίας των συνόλων από τους Cauchy και Galois καθώς επίσης και η θεωρία των ανυσμάτων που ήρθε από τον Hamilton.

Αλλά ακόμη και ο οποιοσδήποτε μπορεί να αντιληφθεί τη σημασία της επανάστασης με την οποία ο Ρώσος Lobachevsky(1826-29) και ο Ούγγρος Bolyai (1831) ανέτρεψαν την ευκλείδεια γεωμετρία. Η όλη μεγαλειώδης και αδιάσειστη δομή της ευκλείδειας λογικής βασίζεται σε ορισμένες υποθέσεις, μία εκ των οποίων, το αξίωμα ότι οι παράλληλες γραμμές δεν τέμνονται ποτέ, δεν είναι ούτε αυτονόητες ούτε αποδείξιμες. Το περίφημο αξίωμα της παραλληλίας, ή αλλιώς το «πέμπτο αίτημα του Ευκλείδη», ήταν αυτό που στάθηκε αφορμή ώστε να ανακαλυφθούν, από τον David Hilbert και τον Nicolai Lobachevsky, οι λεγόμενες μη Ευκλείδειες γεωμετρίες. Ίσως σήμερα να φαίνεται στοιχειώδες το να κατασκευάσουμε μία εξίσου λογική γεωμετρία βάσει κάποιας άλλης υπόθεσης, το να γίνουν όμως, τέτοιου είδους υποθέσεις στις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα ήταν μία πράξη διανοητικής τόλμης ανάλογης με εκείνη που έθεσε τον ήλιο αντί της γης στο κέντρο του πλανητικού συστήματος.

Η πρωτοκαθεδρία της Ευκλείδειας γεωμετρίας αρχίζει και φθίνει μετά την ανακάλυψη του απειροστικού λογισμού από τον Isaac Newton και τον Gottfried Wilhelm Leibniz το 17<sup>ο</sup> αιώνα. Το ενδιαφέρον των μαθηματικών στρέφεται στην έννοια της μεταβολής, της απόστασης και της προσέγγισης (όριο) και οδηγείται κυρίως από προβλήματα της φυσικής. Σύντομα θα αρχίσουν να αναπτύσσονται οι διάφοροι κλάδοι της μαθηματικής ανάλυσης.



Τα περισσότερα από τα μαθηματικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται σήμερα δεν είχαν επινοηθεί μέχρι τον 16<sup>ο</sup> αιώνα. Πριν από αυτό τα μαθηματικά γράφονταν με λέξεις, μία επίπονη διαδικασία που περιόριζε την εξέλιξη των μαθηματικών. Τον 18<sup>ο</sup> αιώνα ο Euler επινόησε πολλά από τα μαθηματικά σύμβολα που χρησιμοποιούμε σήμερα. Το κάθε μαθηματικό σύμβολο έχει μία πολύ συγκεκριμένη σημασία, διέπεται από συγκεκριμένο συντακτικό και η χρήση του απαιτεί πολύ μεγάλη ακρίβεια. Η μαθηματική ορολογία των συμβόλων κωδικοποιεί ένα πολύ μεγάλο αριθμό πληροφοριών συμπεριεμένο σε λίγους χαρακτήρες που θα ήταν εξαιρετικά δύσκολο να αποδοθούν με κάποιο άλλο τρόπο.

Κατά το 17<sup>ο</sup> αιώνα ο απειροστικός λογισμός αναπτύχθηκε γοργά με το έργο των Fermat και DeCard και διατυπώθηκε με τη μορφή που το ξέρουμε από τον Leibniz (1646 – 1716 ). Ο Newton είναι μαζί με το Leibniz, με τον οποίο είχε ζωνηρότατες διαμάχες , που οφείλονταν ίσως, σε ένα βαθμό, στη δυσκολία και των δύο να συνεννοηθούν γλωσσικά, οι δημιουργοί του απειροστικού λογισμού που ο Newton

1.  $(\frac{d^3y}{dx^3})^4 + 2 \frac{dy}{dx} = \sin x$
2.  $\frac{dy}{dx} - 2xy = x^2 - x$
3.  $\frac{dy}{dx} - \sin y = -x$
4.  $\frac{d^2y}{dx} = 2xy$

Δείγματα εξισώσεων Διαφορικού Λογισμού

αποκαλούσε διαφορικό λογισμό. Το αν για αυτό η μεγαλύτερη τιμή ανήκει στο Newton ή στο Leibniz – ένα θέμα έντονης διαμάχης της εποχής – δεν έχει μεγάλη σημασία από την άποψη της προόδου των επιστημών. Εκείνο που έχει σημασία είναι ότι ο Newton χρησιμοποίησε το λογισμό του για να λύσει ζωτικά προβλήματα της φυσικής και δίδαξε και άλλους να κάνουν το ίδιο.

Στα μέσα του 17<sup>ου</sup> αιώνα, ο Newton ανακαλύπτει τον τύπο για την ύψωση του διωνύμου σε οποιαδήποτε δύναμη και τη μέθοδο των ευθειών και αντιστρόφων διαφορικών παραγώγων. Η δράση του Newton υπήρξε στα μαθηματικά, όπως και στους άλλους τομείς με τους οποίους ασχολήθηκε, πλούσια.

Το 1687 εκδόθηκε το έργο του Newton, «Principia» το οποίο, από στενά μαθηματική άποψη, μπορεί να συγκριθεί μόνο με τα «Στοιχεία» του Ευκλείδη. Παρόλο που ο Newton χρησιμοποίησε τον απειροστικό λογισμό για να φτάσει στα αποτελέσματά του, πρόσεξε να δώσει στο «Principia» τη μορφή της κλασικής γεωμετρίας των Ελλήνων, που ήταν κατανοητή από άλλους μαθηματικούς και αστρονόμους.

Το 1707 εκδόθηκε η «Παγκόσμια αριθμητική» του Newton, στην οποία εκθέτονται η μελέτη των καμπυλών με αλγεβρικές μεθόδους των αλγεβρικών εξισώσεων αλλά και πολλοί κλάδοι της μαθηματικής γνώσης. Αργότερα (1709 - 1713) συνεργάστηκε με τον μαθηματικό Κωτς για την δεύτερη έκδοση του «Principia». Στον Newton αποδίδεται επίσης, η εύρεση της μαθηματικής μεθόδου να μετατρέπει φυσικές αρχές σε αποτελέσματα που μπορούν να υπολογιστούν ποσοτικά και, αντίστροφα, να φτάνει στις φυσικές αρχές ξεκινώντας από τέτοιες παρατηρήσεις.

Κατά το 18<sup>ο</sup> αιώνα ο Pierre – Simon Laplace (1749 – 1827) εργάστηκε πάνω σε διάφορα μαθηματικά προβλήματα και κατάφερε μεταξύ άλλων να επιλύσει τις διαφορικές γραμμικές εξισώσεις δευτέρου βαθμού και να αναπτύξει τη θεωρία των πιθανοτήτων.

Την ίδια περίοδο με τον Laplace, έζησαν πολλά από τα μεγάλα ονόματα της μαθηματικής επιστήμης, όπως ο μεγάλος μαθηματικός Joseph Fourier (1768 – 1830). Στις μελέτες και τις έρευνές που πραγματοποίησε οφείλονται οι ανακαλύψεις των σειρών Fourier, της ανάλυσης Fourier καθώς και του γνωστού μετασχηματισμού Fourier, που πήραν προς τιμήν του το όνομά του.

Η θεωρία των αριθμών, η διαφορική γεωμετρία αλλά και νέες πρόοδοι στη στατιστική και την ανάλυση ανάγονται στη συνεισφορά του Carl – Friedrich Gauss(1777 - 1855 ), όπως και η θεωρία των συναρτήσεων μιγαδικών μεταβλητών. Ένας ακόμη μαθηματικός που ασχολήθηκε με τη θεωρία των αριθμών και των διανυσμάτων ήταν ο Ρώσος Carl Gustav Jacob Jacobi (1804 - 1851), ο οποίος εργάστηκε με ζήλο και πάνω στις διαφορικές εξισώσεις αλλά και τη θεωρία των κλασμάτων.



Σκίτσο του Evariste Galois  
(1811 - 1832)

Λίγο μετά τους παραπάνω, έζησε και ο Evariste Galois (1811 - 1832), ο οποίος έδειξε μία κλίση στα μαθηματικά από τα νεανικά του χρόνια ασχολούμενος με τα πολυώνυμα και τη δυνατότητα επίλυσής τους. Ασχολήθηκε με την άλγεβρα και ανέπτυξε την θεωρία του Galois ενώ ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε τον όρο ομάδα για να εκφράσει ένα σύνολο μεταθέσεων.

Ο βαθμός της ακρίβειας που απαιτείται στα μαθηματικά ποικίλει ανά τους αιώνες· οι Έλληνες απαιτούσαν λεπτομερή επιχειρήματα και αποδείξεις, αλλά στα χρόνια του Isaac Newton οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνταν δεν ήταν και τόσο αυστηροί. Οι ανακρίβειες και γενικεύσεις στους ορισμούς, που χρησιμοποιήθηκαν από τον Newton, θα οδηγούσαν σε ένα αναβρασμό προσεκτικής ανάλυσης ώστε να σχηματιστούν οι αποδείξεις τους τον 19<sup>ο</sup> αιώνα.

Προκειμένου να αποσαφηνιστούν τα θεμέλια των μαθηματικών και να διερευνηθούν οι σχέσεις φαινομενικά ασύνδετων κλάδων, άρχισε στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα να αναπτύσσεται η Θεωρία των Συνόλων και η Μαθηματική Λογική.

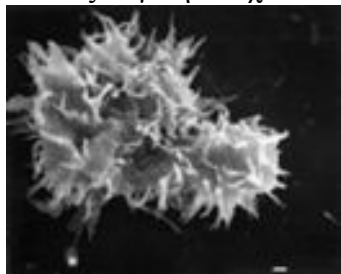
Σήμερα οι βασικοί κλάδοι των μαθηματικών συνεχίζουν να αναπτύσσονται και να διακλαδίζονται περισσότερο, αλλά πληθαίνουν και οι εφαρμογές τους. Τα μαθηματικά χρησιμοποιούνται ανά τον κόσμο σαν το βασικό εργαλείο σε πολλά πεδία, συμπεριλαμβανομένων των φυσικών επιστημών, της μηχανικής, της ιατρικής και των κοινωνικών επιστημών όπως οι οικονομικές επιστήμες και η ψυχολογία. Τα εφαρμοσμένα μαθηματικά, ο κλάδος των μαθηματικών που ασχολείται με την εφαρμογή της μαθηματικής γνώσης σε άλλα πεδία, εμπνέει και χρησιμοποιεί τις νέες μαθηματικές ανακαλύψεις και ορισμένες φορές οδηγεί στην ανάπτυξη εντελώς νέων αρχών.

Η χημεία και τα μαθηματικά είναι δύο από τα γνωστικά πεδία με τα οποία οι περισσότεροι άνθρωποι ερχόμαστε σε επαφή από τα πρώτα χρόνια της βασικής μας εκπαίδευσης. Οι τέσσερις βασικές αριθμητικές πράξεις είναι μία δεδομένη για όλους γνώση. Η διαφορά μεταξύ στοιχείου και ένωσης είναι μία διάκριση που μπορεί να κάνει ο καθένας. Μια ιστορική αναδρομή, ωστόσο, στην πορεία της εξέλιξης των δύο αυτών επιστημών μπορεί να αποδειχτεί μία εξαιρετικά εντυπωσιακή διαδρομή. Πράγματα που θεωρούμε αυτονόητα ήταν ανύπαρκτα μέχρι το άμεσο παρελθόν, όπως ο συμβολισμός των μαθηματικών πράξεων από τον Euler, αλλά και η διαπίστωση του πόσο βαθιές είναι οι ρίζες ορισμένων γνώσεων, παραδείγματος χάριν κάποιες διαδικασίες της χημείας όπως απόσταξη, στο παρελθόν. Σίγουρα δεν μπορούμε να δώσουμε κάποια συγκεκριμένη χρονολογική περίοδο ως τη στιγμή της γέννησης των μαθηματικών ή αντίστοιχα της χημείας, μπορούμε όμως να πούμε, με βεβαιότητα που δύσκολα θα διαψευστεί, πως αυτά που σήμερα ξέρουμε για τους τομείς αυτούς θα αποτελούν στο μέλλον ένα μόνο μέρος της γνώσης των δύο αυτών κλάδων. Τα μαθηματικά είναι και θα παραμείνουν μία παγκόσμια γλώσσα που δε θα πάψει να μιλιέται και να εξελίσσεται. Η χημεία, είναι ένας βασικός κρίκος στη σύνδεση και τη συνοχή των επιστημών μεταξύ τους που δύσκολα θα μπορέσει ποτέ να σπάσει και

που θα είναι πάντα απαραίτητος, ενώ θα συνεχίζει, για πολύ καιρό ακόμη, να παρουσιάζει τα δείγματα της προόδου της.

## Βιολογία και Γεωλογία

Η βιολογία είναι η επιστήμη της ζωής, ή ίδια η λέξη βιολογία προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις βίος που σημαίνει ζωή, και λόγος δηλαδή διήγηση, εξήγηση ή αλλιώς λογική. Ασχολείται με τα γνωρίσματα και τη συμπεριφορά των οργανισμών



Αμοιβάδα. Μονοκύτταρος οργανισμός που αναπαράγεται με αυθόρμητη διχοτόμηση

και εξετάζει πως δημιουργούνται τα είδη και τα μεμονωμένα μέλη τους, μελετά τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους αλλά και με το περιβάλλον τους. Εξετάζει τη δομή, τη λειτουργία, την ανάπτυξη, την προέλευση, την εξέλιξη και την εξάπλωση των ζωντανών οργανισμών.

Μία από τις κεντρικές, θεμελιώδεις αρχές της βιολογίας είναι ότι όλοι οι οργανισμοί έχουν μία και μόνη, κοινή προέλευση μίας διαδικασίας εξέλιξης. Αυτός είναι και ένας από τους λόγους που οι οργανισμοί εμφανίζουν εντυπωσιακές ομοιότητες σε διάφορες

μονάδες και διαδικασίες.

Η Βιολογία δεν είναι σαν τη Φυσική, για αυτό και δεν περιγράφει συνήθως βιολογικά συστήματα σε σχέση με αντικείμενα τα οποία υπακούουν σε αμετάβλητους φυσικούς νόμους που περιγράφουν τα μαθηματικά, αλλά παρ' όλα αυτά χαρακτηρίζεται από διάφορες σημαντικές αρχές και σκέψεις όπως: η παγκοσμιότητα, η εξέλιξη, η ποικιλία, η κοινή καταγωγή, η ομοιοστασία και οι αλληλεπιδράσεις.

Παρότι η ιδέα της βιολογίας σαν αυτόνομη και ολοκληρωμένη επιστήμη εμφανίστηκε κατά τον 19<sup>ο</sup> αιώνα - όταν οι επιστήμονες ανακάλυψαν πως οι οργανισμοί μοιράζονται θεμελιώδη χαρακτηριστικά - οι βιολογικές επιστήμες αναδύθηκαν από τις παραδόσεις της ιατρικής και της φυσικής ιστορίας φτάνοντας μέχρι την εποχή του Γαλιανού και του Αριστοτέλη στον αρχαίο Ελληνορωμαϊκό κόσμο και που αναπτύχθηκε περεταίρω κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα από Μουσουλμάνους ιατρούς όπως ο Al-Jahiz, ο Avicenna, ο Avenzoar και ο Ibn Al-Nafis.

Η γεωλογία πάλι, από το Ελληνικό γη και λόγος, είναι η επιστήμη που μελετά τα στερεά και υγρά υλικά που συνθέτουν τη γη. Ο τομέας της γεωλογίας



Είδη Πετρωμάτων

συμπεριλαμβάνει τη μελέτη της σύνθεσης, της δομής, των φυσικών ιδιοτήτων, τη δυναμική και την ιστορία των υλικών της γης, καθώς επίσης και τους τρόπους με τους οποίους σχηματίστηκαν, μετακινήθηκαν και άλλαξαν. Η γεωλογία είναι σημαντική για τις ακαδημαϊκές σπουδές, τη βιομηχανία (κατά την εξόρυξη μετάλλων και άνθρακα), αλλά και για κοινωνικά θέματα όπως γεωτεχνική μηχανική, για τον μετριασμό των φυσικών κινδύνων, ενώ προσφέρει και τη δυνατότητα αποκόμισης γνώσεων για τις κλιματολογικές συνθήκες του παρελθόντος και των αλλαγών τους.

Η μελέτη της γεωλογίας βρίσκει τις ρίζες της στον αρχαίο ακόμα κόσμο, με θεωρίες και συμπεράσματα που διατήρησαν την ισχύ τους για αιώνες. Το έργο «Περί



*Λίθων*» του Θεοφράστου (372 – 287 π. Χ.), μαθητή του Αριστοτέλη, και η ερμηνεία που έδινε για τα απολιθώματα, δεν ανατράπηκε παρά μόνο μετά την επιστημονική επανάσταση. Το «*Περί Λίθων*» μεταφράστηκε στη Λατινική καθώς και σε άλλες Ευρωπαϊκές γλώσσες. Η ερμηνεία που έδωσε για τα απολιθώματα, ήταν η θεωρία που επικράτησε στην κλασική αρχαιότητα και στα πρώτα χρόνια του Μεσαίωνα, μέχρι που αντικαταστάθηκε από τη θεωρία του Αβικέννα, που μίλησε για ουσίες υγρής μορφής που απολιθώθηκαν, στα τέλη του Μεσαίωνα. Στη Ρωμαϊκή περίοδο, ο Πλίνιος ο Πρεσβύτερος έκανε μία πιο εκτεταμένη έρευνα πολύ περισσότερων μετάλλων με έναυσμα τη δυνατότητα χρήσης τους για πρακτικούς σκοπούς. Είναι ανάμεσα στους πρώτους που κατηγοριοποίησε σωστά την προέλευση του κεχριμπαριού σαν απολιθωμένη ρετσίνα πεύκων παρατηρώντας τα παγιδευμένα έντομα σε μερικά κομμάτια του.

Ωστόσο, αν και η επιστήμη της γεωλογίας, αναπτύχθηκε και εξελίχθηκε ως αυτόνομη επιστήμη την περίοδο κυρίως μετά τη Γαλλική Επανάσταση, ορισμένοι σύγχρονοι λόγιοι, όπως ο Fielding H. Garrison, υποστηρίζουν ότι η σύγχρονη γεωλογία ξεκίνησε στο μεσαιωνικό Ισλαμικό κόσμο. Ο Abu al-Rayhan al-Biruni (937 – 1048 μ. Χ.) ήταν ένας από τους πρώτους Μουσουλμάνους γεωλόγους, του οποίου οι εργασίες περιλαμβάνουν τα πρώτα γραπτά για τη γεωλογία της Ινδίας, που υπέθεσε ότι ένα μέρος της καλυπτόταν κάποτε από θάλασσα. Ο Ibn-Sina (Αβικέννας, 981 - 1037), είχε σημαντική προσφορά στη γεωλογία και τις φυσικές επιστήμες μαζί με άλλους φυσικούς φιλοσόφους όπως ο Ikhwan Al-Safa. Ο Αβικέννας έγραψε ένα εγκυκλοπαιδικό βιβλίο με τον τίτλο «*Kitab al-Shifa*», «*Το βιβλίο της θεραπείας*», αποσπάσματα του οποίου αναφέρονται στην ορυκτολογία και τη μετεωρολογία: δημιουργία βουνών, πηγές νερού, προέλευση των σεισμών, δημιουργία των μετάλλων και ποικιλομορφία του εδάφους της γης.

Αυτές οι αρχές έγιναν γνωστές στην Ευρώπη αργότερα, κατά τη διάρκεια της Αναγέννησης και ενσωματώθηκαν στη «*Θεωρία της Γης*» του James Hutton το 18<sup>ο</sup> αιώνα. Η προσφορά του Αβικέννα αναγνωρίζεται ακόμη και από σύγχρονους μας ακαδημαϊκούς του 20<sup>ου</sup> αιώνα, όπως ο Toulmin και ο Goodfield (1965), που υποστηρίζουν ότι ακόμα και τόσους αιώνες μετά, οι θεωρίες του μπορούν να χαρακτηριστούν επαναστατικές. Η επιστημονική μεθοδολογία του Αβικέννα στο πεδίο της παρατήρησης ήταν επίσης πρωτόγνωρη στο πεδίο των γεωλογικών επιστημών, και παραμένει ένα σημαντικό κομμάτι των γεωλογικών ερευνών.

Την ίδια περίοδο, στην Κίνα, ο πολυμαθής Shen Kua (1031 – 1095) διατύπωσε μία υπόθεση για τη διαδικασία σχηματισμού της γης, βασισμένη στην παρατήρηση πετρωμάτων και ζωικών απολιθωμάτων (όστρεα) σε ένα ορεινό γεωλογικό στρώμα εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από τον Ωκεανό. Ο Shen Kua πείστηκε πως η γη σχηματίστηκε από τη διάβρωση των βουνών και από την απόθεση λάσπης.

Στο διάστημα της Αναγέννησης, τοποθετείται η συγγραφή και η έκδοση (1556) της πρώτης συστηματικής πραγματείας για την εξόρυξη και τη μεταλλουργία, από τον Georg Bauer ή Georg Agricola (1494 - 1555). Η μελέτη του, «*De re metallica, libri XII*», κάλυπτε διάφορα θέματα γεωλογικής φύσεως όπως, μεταξύ άλλων, η υδροδυναμική, η αιολική ενέργεια και η εξαγωγή θείου.

Κατά τον 18<sup>ο</sup> αιώνα άρχισε μία πρώτη συστηματική μελέτη των συστατικών του φλοιού της γης (ορυκτά, πετρώματα), χωρίς όμως οργάνωση και συγκρότηση

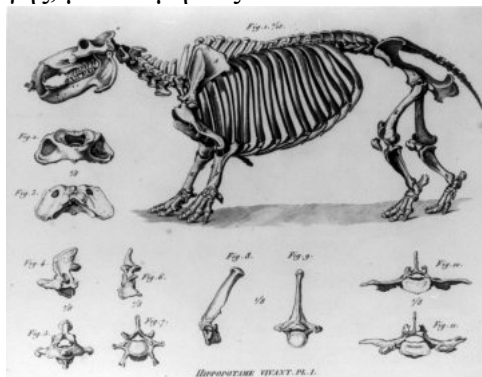


Το Βιβλίο της Θεραπείας του Αβικέννα

κάποιου επιστημονικού κλάδου. Η ανάγκη που προέκυψε από την αυξανόμενη δημιουργία ορυχείων, ώθησε την παρατήρηση και την έρευνα προς την κατεύθυνση αυτή και έτσι γεννήθηκε η Ορυκτολογία και άρχισαν να λειτουργούν τα πρώτα Σχολεία Ορυχείων (Αγγλία, Σκωτία, Γερμανία, Γαλλία). Το 1700 ο Jean Etienne Guettard και ο Nicolas Desmarest περιηγήθηκαν στη κεντρική Γαλλία και κατέγραψαν τις παρατηρήσεις τους σε γεωλογικούς χάρτες. Ο Guettard κατάφερε να καταγράψει πετρώματα ηφαιστειακής προέλευσης.

Το 1778 χρησιμοποιείται η λέξη γεωλογία, αρχικά από τον Jean-Andre Deluc, ενώ εισήχθη ως καθιερωμένος όρος από τον Horace-Benedict de Saussure το 1779. Η ίδια λέξη είχε χρησιμοποιηθεί και στο παρελθόν, με ένα διαφορετικό όμως νόημα, από τον Richard de Bury, για τη διάκριση μεταξύ της κοσμικής και θεολογικής νομολογίας. Ο όρος Γεωλογία με την έννοια της διακριτής επιστήμης χρησιμοποιήθηκε στις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Είναι η εποχή κατά την οποία η νεαρή επιστήμη άρχισε να θεμελιώνει τις πρώτες θεωρίες και να προσκομίζει αποδείξεις για τον τρόπο δημιουργίας της γης ως πλανήτη, της δομής και εξέλιξης του φλοιού της, τον τρόπο σχηματισμού των πετρωμάτων κ.λπ.

Η γεωλογία του 19<sup>ου</sup> αιώνα περιστράφηκε γύρω από το ζήτημα της ηλικίας της γης, με εκτιμήσεις που ποίκιλαν από 100.000 έως δισεκατομμύρια χρόνια. Το 1811 ο



Ο Cuvier έδειξε πως μεμονωμένα απολιθώματα μπορούν να ταυτοποιηθούν με δομές ζώντων οργανισμών(εδώ ιπποπόταμος)

Georges Cuvier και ο Alexandre Brongniart δημοσίευσαν την ερμηνεία τους για την αρχαιότητα της Γης, εμπνευσμένοι από την ανακάλυψη του Cuvier, απολιθωμάτων οστών ελεφάντων στο Παρίσι, και προκειμένου να αποδείξουν τη θεωρία τους διατύπωσαν την αρχή της στρωματογραφικής διαδοχής των πετρωμάτων του γήινου φλοιού. Στα ίδια συμπεράσματα όμως είχε καταλήξει, ανεξάρτητα από τη δική του έρευνα, και ο William Smith με τις στρωματογραφικές έρευνες που διεξήγαγε στην Αγγλία και τη Σκωτία.

Οι βιολόγοι και οι γεωλόγοι ήταν από τους λιγότερο τυχερούς επιστήμονες της εποχής των επαναστάσεων. Για αυτούς η ιστορία ήταν το μεγαλύτερο πρόβλημα, μολονότι η μελέτη της γης ήταν στενά συνδεδεμένη με τη χημεία - μέσω της μετάλλευσης - και η μελέτη της ζωής στενά συνδεδεμένη με τη φυσιολογία - μέσω της ιατρικής - αλλά και με τη χημεία - μέσω της σημαντικότητας ανακάλυψης ότι τα χημικά στοιχεία στους ζωντανούς οργανισμούς ήταν ίδια με τα στοιχεία της ανόργανης φύσης. Για τον γεωλόγο τα ουσιαστικότερα προβλήματα είχαν σχέση με την ιστορία πώς να ερμηνευθεί, λόγω χάρη η αναλογία ξηράς και νερού, τα βουνά, και προπάντων τα άκρως εμφανή γεωλογικά στρώματα.

Αν το ιστορικό πρόβλημα της γεωλογίας ήταν πώς να εξηγήσει την εξέλιξη της γης, το πρόβλημα της βιολογίας είχε δύο όψεις: πώς να εξηγήσει την ανάπτυξη του ζωντανού οργανισμού από το αυγό, το σπέρμα, ή το σπόριο και πώς να εξηγήσει την εξέλιξη των ειδών. Και τα δύο συνδέονταν με την εμφανή μαρτυρία των απολιθωμάτων, ειδική ποικιλία των οποίων βρισκόταν σε κάθε βραχώδες στρώμα αλλά όχι και σε άλλα. Ο Άγγλος μηχανικός αποχετεύσεων William Smith (1769 - 1839) ανακάλυψε στη δεκαετία ου 1790 ότι η ιστορική διαδοχή των στρωμάτων μπορούσε να χρονολογηθεί άνετα βάση των μοναδικών για το καθένα από αυτά απολιθωμάτων, έτσι ώστε και οι δύο επιστήμες (γεωλογία και βιολογία) να μπορούν

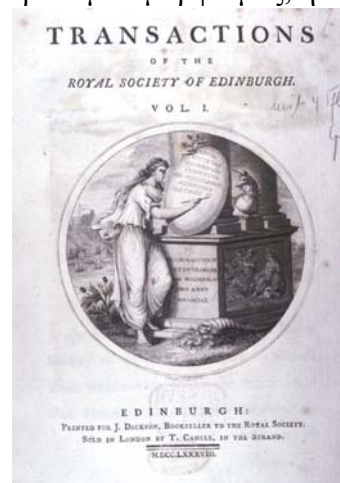
να ερμηνευθούν μέσω των ρεαλιστικών επιτευγμάτων της Βιομηχανικής Επανάστασης.

Την περίοδο της Ευρωπαϊκής Αναγέννησης και των πρώτων χρόνων της σύγχρονης περιόδου, ήρθε στην Ευρώπη η επανάσταση της βιολογίας, εξαιτίας του ανανεωμένου ενδιαφέροντος για τη χρήση εμπειρικών μεθόδων και την ανακάλυψη πολλών νέων οργανισμών. Άνθρωποι που διακρίθηκαν για την προσπάθειά τους αυτή, ήταν ο Vesalius και ο Harvey, που χρησιμοποίησαν τον πειραματισμό και την προσεχτική παρατήρηση στη φυσιολογία, μα και φυσιδίφες, όπως ο Linnaeus και ο ζωολόγος Κόμης de Buffon που ξεκίνησαν μία προσπάθεια καταγραφής της ποικιλίας των ειδών και των απολιθωμάτων, ενώ επίσης ερεύνησαν την ανάπτυξη και συμπεριφορά των οργανισμών. Η ανακάλυψη τόσων πολλών και διαφορετικών ευρημάτων δεν μπορούσε να αγνοηθεί και αναπόφευκτα να γεννήσει ερωτήματα που οδήγησαν σε απόπειρες για την ανάπτυξη θεωριών για την εξέλιξη των ειδών, ιδίως για τον κόσμο των ζώων, από τον de Buffon (Les Époques de la Nature, 1778). Το μικροσκοπιο αποκάλυψε τον μέχρι τότε άγνωστο κόσμο των μικροοργανισμών, θέτοντας έτσι τα θεμέλια για την θεωρία των κυττάρων. Η αυξανόμενη σημασία της φυσικής θεολογίας, αποτέλεσε κατά ένα μέρος την αφορμή για την ανάπτυξη της μηχανικής φιλοσοφίας, ενθαρρύνοντας την ανάπτυξη της φυσικής ιστορίας.

Στη δεκαετία της Γαλλικής Επανάστασης, οι εξελικτικές θεωρίες κέρδισαν γρήγορα έδαφος. Ο James Hutton, ο οποίος θεωρείται ο πρώτος σύγχρονος γεωλόγος, (Εδιμβούργο, «Θεωρία της Γης», 1795) και ο Έρασμος Δαρβίνος, (Σεληνιακή Εταιρεία του Birmingham), που έγραψε μέρος του επιστημονικού του έργου σε στίχους («Zoonomia», 1794), εισηγήθηκαν σχετικά πλήρεις εξελικτικές θεωρίες της Γης και των φυτικών και ζωικών ειδών.

Ο Hutton, κατέγραψε τη «Θεωρία της Γης» στα Πρακτικά της Βασιλικής Εταιρείας του Εδιμβούργου, θεωρία που ονομάστηκε αργότερα Ομοιομορφισμός, η οποία, σε αντίθεση με τον Καταστροφισμό (θεωρία ότι τα χαρακτηριστικά της Γης πήραν τη μορφή τους μέσα από ένα και μοναδικό καταστροφικό γεγονός, και έκτοτε παρέμειναν अपαράλλαχτα), δέχεται μία συνεχή και ομοιόμορφη διαδικασία εξέλιξης του γήινου φλοιού και διατυπώνεται ως « Οι εξωτερικές και εσωτερικές διεργασίες που αναγνωρίζονται σήμερα, λειτουργούν αδιάλειπτα και με τους ίδιους ρυθμούς σε όλο το διάστημα της γεωλογικής ιστορίας της γης.». Ο ομοιομορφισμός σταδιακά συμπληρώθηκε και αντικαταστάθηκε από τον Πραγματισμό, ο οποίος αποδίδει σαφέστερα την έννοια της συνεχιζόμενης φυσικής διεργασίας και διατυπώνεται ως αρχή που δέχεται ότι οι ίδιοι φυσικοί νόμοι και οι ίδιες διεργασίες που κυριάρχησαν στο παρελθόν, ισχύουν και σήμερα. Ο Hutton στη «Θεωρία της Γης» υποστήριξε πως η ηλικία της Γης ήταν πολύ μεγαλύτερη από όσο είχε ήδη υποτεθεί, προκειμένου να έχει δοθεί αρκετός χρόνος στα βουνά να διαβρωθούν και τα ιζήματα τους να δημιουργήσουν νέους βράχους στο βυθό της θάλασσας, που με τη σειρά τους αναδύθηκαν και έγιναν ξηρά. Η υπόθεση του πραγματισμού αποτελεί βασική αρχή για τη σύγχρονη Γεωλογία.

Ο Laplace το 1796 μάλιστα, πρόβαλε και την εξελικτική θεωρία του ηλιακού συστήματος με βάση θεωρίες του φιλοσόφου Kant, ενώ ο Pierre Cabanis, την ίδια περίπου εποχή, θεώρησε τις ίδιες τις νοητικές ικανότητες του ανθρώπου, ως προϊόν της εξελικτικής του ιστορίας. Το 1809, ο Γάλλος Lamarck εισηγήθηκε την πρώτη



Η Θεωρία της Γης του J.Hutton

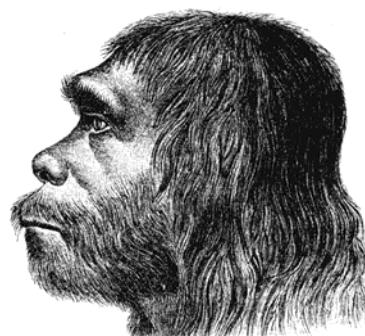
συστηματική σύγχρονη θεωρία της εξέλιξης με βάση την κληρονομικότητα των επίκτητων χαρακτηριστικών.

Καμιά από τις θεωρίες αυτές δεν επικράτησε. Γρήγορα μάλιστα προσέκρουσαν στη σφοδρή αντίσταση όσων ήταν προσκολλημένοι στις γραφές της Αποκάλυψης. Πώς θα εξηγούνταν γεγονότα που μέχρι τη δεδομένη περίοδο εξηγούνταν με τον κατακλυσμό του Νώε ή με την επιμέρους δημιουργία των ειδών και του ανθρώπου αν τελικά αναιρούνταν οι θεωρίες των Γραφών; Και δεν ήταν μόνο οι απλοϊκοί ιερείς και οι λιγότερο απλοϊκοί πολιτικοί που είχαν αναστατωθεί με τέτοιες σκέψεις. Ακόμη και ο Cuvier, ιδρυτής της συστηματικής μελέτης των απολιθωμάτων (*«Recherches sur les ossements fossils»*, 1812) απέρριπτε την εξέλιξη στο όνομα της Θείας Πρόνοιας. Ήταν προτιμότερο να φαντάζεται κανείς σειρά καταστροφών στην ιστορία της γεωλογίας και ύστερα σειρά νέων θεικών δημιουργημάτων – δεν ήταν δυνατό να αγνοήσει και να παραβλέψει κανείς τη διαφορά των γεωλογικών και βιολογικών αλλαγών – παρά να παρεμβαίνει στις αμετακίνητες ιδέες των Γραφών και του Αριστοτέλη.

Ο Dr Lawrence, που απάντησε στον Lamarck εισηγούμενος μία θεωρία παρόμοια με του Δαρβίνου σχετικά με την εξέλιξη βάση φυσικής επιλογής, υποχρεώθηκε από την κατακραυγή των συντηρητικών να αποσύρει από την κυκλοφορία το έργο του *«Natural History of Man»*, (1819). Είχε την απερισκεψία όχι μόνο να συζητήσει την εξέλιξη του ανθρώπου, αλλά και να τονίσει τις συνέπειες των ιδεών του στη σύγχρονη κοινωνία. Η αποκήρυξη που έκανε του έσωσε τη δουλειά του και του εξασφάλισε τη μελλοντική του σταδιοδρομία.

Στη δεκαετία του 1830 – όταν δηλαδή η πολιτική πήρε ακόμη μία στροφή προς τα αριστερά – εμφανίστηκαν ώριμες εξελικτικές θεωρίες στη γεωλογία με την έκδοση του έργου του Lyell, *«Principles of Geology»* (1830-33). Ο Lyell στις *«Αρχές της Γεωλογίας»* επανέλαβε τον Ομοιομορφισμό του Hutton επηρεάζοντας τη σκέψη του Δαρβίνου και ανέδειξε την ανάγκη διαμόρφωσης μιας ενιαίας χρονολογικής κλίμακας ως σταθερού σημείου αναφοράς. Με το έργο αυτό σταμάτησε και η αντίσταση όσων υποστήριζαν, μαζί με τη Βίβλο, ότι όλα τα ορυκτά είχαν προέλθει από τις υδάτινες ουσίες που κάποτε κάλυπταν τη γη, καθώς και των «καταστροφιστών», οι οποίοι ακολουθούσαν την επιχειρηματολογία του Cuvier.

Την ίδια δεκαετία, ο Schmerling και ο Boucher de Perthes, προέβλεψαν την ανακάλυψη των απολιθωμάτων ενός είδους προϊστορικού ανθρώπου του οποίου η δυνατότητα ύπαρξης είχε εντελώς αποκλειστεί. Αλλά ο επιστημονικός συντηρητισμός μπορούσε ακόμη να απορρίπτει τη προοπτική αυτή, με τη δικαιολογία των ανεπαρκών αποδείξεων, μέχρι την ανακάλυψη του ανθρώπου του Νεότερνταλ το 1856.



Σκίτσο του ανθρώπου του Νεότερνταλ

Έπρεπε πια να γίνει δεκτό

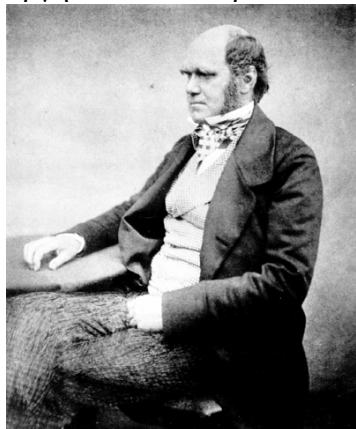
- ✓ ότι οι συνθήκες που επικρατούσαν, με την πάροδο του χρόνου, είχαν επηρεάσει και συνέχιζαν να επηρεάζουν τη Γη, μετασχηματίζοντάς την από το αρχικό της στάδιο και φτάνοντάς την στην παρούσα κατάσταση
- ✓ ότι η διαδικασία αυτή είχε χρειαστεί πολύ περισσότερο χρόνο από ότι υπολογιζόταν βάση των Γραφών και
- ✓ ότι η διαδοχή των γεωλογικών στρωμάτων αποκάλυπτε μία σειρά εξελισσόμενων μορφών ζώων και, επομένως, υποδήλωνε τη βιολογική εξέλιξη.



Είναι χαρακτηριστικό ότι όσοι δέχονταν πιο πρόθυμα τη θεωρία αυτή, και μάλιστα έδειχναν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για το πρόβλημα της εξέλιξης, ήταν τα γεμάτα αυτοπεποίθηση και ριζοσπαστισμό μέλη της βρετανικής αστικής τάξης που δεν είχαν σχέση με την επιστήμη. Οι ίδιοι οι επιστήμονες άργησαν να δεχτούν την επιστήμη.

Κατά τον 18<sup>ο</sup> και 19<sup>ο</sup> αιώνα, βιολογικές επιστήμες όπως η βοτανολογία και η ζωολογία έγιναν ξεχωριστοί επιστημονικοί τομείς. Ο Lavoisier και άλλοι φυσικοί άρχισαν να συνδέουν τον κινούμενο και μη κινούμενο κόσμο μέσω της φυσικής και της χημείας. Οι εξερευνητές και οι φυσιοδίφες όπως ο Alexander von Humboldt μελέτησαν την αλληλεπίδραση μεταξύ των οργανισμών και του περιβάλλοντός τους, και τον τρόπο με τον οποίο η σχέση αυτή μπορούσε να επηρεαστεί από τη γεωγραφία θέτοντας με αυτό το τρόπο τις βάσεις της βιο- γεωγραφίας και της οικολογίας. Οι φυσιοδίφες άρχισαν τότε να σκέφτονται σοβαρά την πιθανότητα της εξαφάνισης και τη δυνατότητα των ειδών να μεταλλάσσονται και να εξελίσσονται. Η κυτταρική θεωρία έδωσε μία νέα προοπτική της θεμελιώδους βάσης της ζωής. Αυτές οι εξελίξεις, καθώς επίσης και τα αποτελέσματα της εμβρυολογίας και της παλαιοντολογίας, συντέθηκαν σε μία θεωρία, από τον Charles Darwin.

Η βιολογική εξέλιξη, ωστόσο, σημείωνε καθυστέρηση. Η θεωρία του Δαρβίνου άργησε πολύ να έρθει. Το θέμα αυτό αντιμετωπίστηκε για άλλη μια φορά με



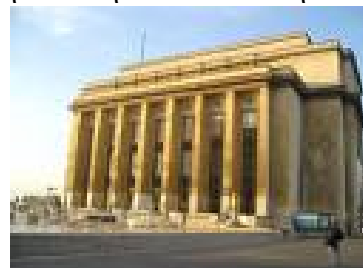
Charles Darwin, 1809 - 1882

σοβαρότητα μόνο πολύ μετά την ήττα των επαναστάσεων του 1848. Ο Charles Darwin καθιέρωσε την εξέλιξη σαν μία βιώσιμη θεωρία καθιστώντας ως βασικό της θεμέλιο, την φυσική επιλογή. Ο Alfred Russell Wallace αναγνωρίζεται γενικώς ως συνεπικουρος στην εδραίωση αυτής της ιδέας. Ακόμη και τότε όμως ο Darwin χειρίστηκε το θέμα της βιολογικής εξέλιξης με πολύ μεγάλη επιφυλακτικότητα και ασάφεια, για να μην πούμε ανειλικρίνεια. Μέχρι και η παράλληλη έρευνα της εξέλιξης μέσω της εμβρυολογίας είχε προσωρινά σβήσει. Και στον τομέα αυτό οι πρώτοι Γερμανοί φυσικοί φιλόσοφοι, όπως ο Johann Meckel (Halle, 1781 - 1833), είχαν υποθέσει ότι

κατά την ανάπτυξή του, το έμβryo ενός οργανισμού περνά από όλα τα στάδια της εξέλιξης του είδους του. Αλλά αυτός ο « βιογενετικός νόμος», αν και αρχικά υποστηρίχθηκε από επιστήμονες όπως ο Rathke, που ανακάλυψε ότι τα έμβρυα των πτηνών περνούν ένα στάδιο κατά το οποίο έχουν σχισμές στα βράγχια (1829) απορρίφθηκε από τον von Baer – η πειραματική φυσιολογία φαίνεται ότι έλκυε ιδιαίτερα τους ερευνητές των σλαβικών περιοχών και της Βαλτικής (ο Rathke δίδασκε στο Dorpat (Tartu) στην Εσθονία, ο Pander στη Ρίγα, ενώ ο Τσέχος φυσιολόγος Purkinje άνοιξε το πρώτο εργαστήριο για έρευνες της φυσιολογίας στο Breslau το 1830) – και η θεωρία αυτή αναβίωσε μόνο με την εμφάνιση του Δαρβινισμού.

Στο μεταξύ οι εξελικτικές θεωρίες είχαν σημειώσει εντυπωσιακή πρόοδο στη μελέτη της κοινωνίας. Η περίοδος αυτή (1789-1848) ανήκει στην προϊστορία όλων των κοινωνικών επιστημών πλην της πολιτικής οικονομίας, της γλωσσολογίας και ίσως της στατιστικής. Ακόμη και το πιο εντυπωσιακό και μεθοδικό της επίτευγμα, η θεωρία της κοινωνικής εξέλιξης του Marx και του Engels, εκείνη την εποχή ήταν μόλις κάτι περισσότερο από μία ευφυέστατη εικασία που παρουσιαζόταν σαν ένα υπέροχο σχέδιασμα πρότασης ή χρησιμοποιούνταν ως βάση για την ιστορική αφήγηση. Η σταθερή κατασκευή επιστημονικών βάσεων για τη μελέτη της ανθρώπινης κοινωνίας δε έγινε παρά μόνο στο δεύτερο μισό του αιώνα.

Το ίδιο ίσχυσε και για την κοινωνική ανθρωπολογία ή την εθνογραφία, την προϊστορία, την κοινωνιολογία και την ψυχολογία. Είναι σημαντικό το γεγονός ότι το βάπτισμα των επιστημών αυτών έγινε κατά τη διάρκεια αυτής της ίδιας περιόδου, ή ότι τότε ήταν που για πρώτη φορά διεκδικήθηκε η αντιμετώπιση των κλάδων αυτών ως αυτόνομων επιστημών, η κάθε μια με τις δικές της ιδιομορφίες – ο John Stuart Mill το 1843 ήταν ίσως ο πρώτος που διεκδίκησε το καθεστώς αυτό για την ψυχολογία. Εξίσου σημαντικό είναι το γεγονός ότι ιδρύθηκαν στη Γαλλία και την Αγγλία ειδικές Εθνολογικές Εταιρείες (1839,1843) για τη μελέτη των «φυλών του ανθρώπου» και ότι πολλαπλασιάστηκαν οι κοινωνικές έρευνες με στατιστικά μέσα, καθώς και οι στατιστικές εταιρείες ανάμεσα στα 1830 και το 1848. Αυτό που έχει σημασία για τις κοινωνικές επιστήμες στην περίοδο αυτή είναι λιγότερο τα αποτελέσματά τους, μολονότι συσσωρεύτηκε σημαντικό περιγραφικό υλικό, και περισσότερο η σταθερή κλίση τους προς τον υλισμό, που εκφράζεται αφενός στην απόφαση τους να ερμηνεύσουν τις κοινωνικές διαφορές με γνώμονα το περιβάλλον και αφετέρου στην εξίσου σταθερή τους προσήλωση στην εξέλιξη, άλλωστε ο Chavannes το 1787, στα πρώτα βήματα της επιστήμης, όρισε την εθνολογία ως «ιστορία των λαών προς τον πολιτισμό».



Το σημερινό εθνολογικό μουσείο της Γαλλίας

Θα πρέπει ωστόσο να γίνει μία αναφορά σε ένα ύποπτο υποπροϊόν της πρόωμης αυτής ανάπτυξης των κοινωνικών επιστημών: τις φυλετικές θεωρίες. Η ύπαρξη διαφόρων φυλών ή μάλλον χρωμάτων είχε συζητηθεί πολύ τον 18<sup>ο</sup> αιώνα, όταν το πρόβλημα της ενιαίας ή της πολλαπλής δημιουργίας απασχολούσε επίσης τα στοχαστικά μυαλά. Η γραμμή που χώριζε τους οπαδούς της μονογένεσης από τους οπαδούς της πολυγένεσης δεν ήταν απλή. Η πρώτη ομάδα συνένωνε όσους πίστευαν στην εξέλιξη και την ισότητα των ανθρώπων με αυτούς που διαπίστωναν με ανακούφιση ότι, τουλάχιστον στο σημείο αυτό, η επιστήμη δεν ερχόταν σε σύγκρουση με τις Γραφές. Η δεύτερη ομάδα, περιλάμβανε όχι μόνο γνήσιους επιστήμονες αλλά και φυλετιστές από τον Αμερικάνικο Νότο των σκλάβων. Αυτές οι συζητήσεις περί φυλών προκάλεσαν την απότομη ανάπτυξη της ανθρωπομετρίας, που βασιζόταν κυρίως στη συλλογή, ταξινόμηση και μέτρηση των κρανίων, η οποία επιχειρούσε να ερμηνεύσει το χαρακτήρα του ατόμου από τη μορφή του κρανίου του. Στη Βρετανία και τη Γαλλία ιδρύθηκαν κρανιολογικές εταιρείες (1823,1832), μολονότι το θέμα αυτό γρήγορα αποκλείστηκε για άλλη μία φορά από το επιστημονικό πεδίο.

Συγχρόνως, ένα μείγμα εθνικισμού, ριζοσπαστισμού, ιστορίας και επιστημονικής παρατήρησης έφερε στην επιφάνεια το εξίσου επικίνδυνο θέμα των μόνιμων εθνικών ή φυλετικών χαρακτηριστικών στην κοινωνία. Η πίστη στην επιβίωση ειδικού φυλετικού στρώματος – ιδέα που υιοθέτησε με ευεξήγητο ζήλο ο Ουαλλός φυσιολόγος W. Edwards για τους Κέλτες – ταίριαζε θαυμάσια στην εποχή αυτή που οι άνθρωποι προσπαθούσαν να ανακαλύψουν τη ρομαντική και μυστηριώδη μοναδικότητα του έθνους τους, να διεκδικήσουν ρόλους Μεσσία, αν ήταν επαναστάτες, ή να αποδώσουν τον πλούτο και την ισχύ τους σε «εγγενή ανωτερότητα». Δεν έδειχναν να είχαν την τάση να αποδώσουν τη φτώχεια και την καταπίεση σε εγγενή κατώτεροτητα. Εντούτοις, θα πρέπει να πούμε ότι οι χειρότερες καταχρήσεις των φυλετικών θεωριών έγιναν μετά το τέλος της περιόδου αυτής.

## Κοινωνικές Επιστήμες

Η μαθηματική επανάσταση πέρασε απαρατήρητη, με εξαίρεση λίγους ειδικούς σε τέτοια θέματα. Οι εξελίξεις στη Βιολογία και τη Γεωλογία, νέες ακόμα και τώρα επιστήμες, στην εποχή της ανάπτυξής τους δεν κατάφεραν να αγγίξουν αισθητά το λαό. Η επανάσταση στη χημεία, τη φυσική και την αστρονομία βρήκε αρκετές εφαρμογές στη καθημερινότητα των ανθρώπων κάνοντας τις αλλαγές που έφεραν αντιληπτές από όλους. Η επανάσταση στις κοινωνικές επιστήμες, από την άλλη μεριά, δε θα μπορούσε να μη γίνει εντόνως αισθητή στο κοινό, διότι το επηρέαζε φανερά και κυρίως αρνητικά κατά τη γενική ομολογία του.

Οι κοινωνικές επιστήμες αποτελούνται από τις ακαδημαϊκές αρχές που ασχολούνται με τη μελέτη της κοινωνικής ζωής διακριτών ατόμων, ομάδων και κοινωνιών. Ενίοτε οι κοινωνικές επιστήμες ορίζονται ως οι επιστήμες που διερευνούν τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις. Στις κοινωνικές επιστήμες κατατάσσονται η ανθρωπολογία, οι επικοινωνιακές σπουδές, η εγκληματολογία, τα οικονομικά, η γεωγραφία, η ιστορία, οι πολιτικές επιστήμες, η ψυχολογία, οι κοινωνικές σπουδές και η κοινωνιολογία.

Η ανάπτυξη των κοινωνικών επιστημών είναι μία πρόσφατη εξέλιξη. Ο ίδιος ο όρος κοινωνική επιστήμη πρωτοεμφανίστηκε το 1824 στο βιβλίο του William Thompson(1775 – 1833) «An Inquiry Into the Principles of the Distribution of Wealth Most Conducive to Human Happiness; Applied to the Newly Proposed System of Voluntary Equality of Wealth». Το γεγονός ότι η κοινωνία αποτελεί αντικείμενο οργανωμένης γνώσης που μπορεί να τυποποιηθεί και να διδαχτεί αντικειμενικά, ακολουθώντας τους δικούς της κανόνες και τη δική της μεθοδολογία, μπορεί να θεωρηθεί ως το αποτέλεσμα και συγχρόνως η αντίδραση τριών σημαντικών γεγονότων της Ευρώπης του 18<sup>ου</sup> αιώνα.

Το πρώτο από αυτά τα γεγονότα υπήρξε ο Διαφωτισμός ως ιδεολογική επανάσταση. Τα δύο σημαντικά του κέντρα σε αυτήν την περίοδο ήταν οι Ευρωπαϊκές πόλεις του Εδιμβούργου στη Σκωτία και το Παρίσι στη Γαλλία. Οι φιλοσοφικοί και κοινωνικοί διανοητές αυτής της περιόδου αναζητούσαν αλλαγές στον τρόπο που κατανοούσε ο άνθρωπος την έννοια ανθρωπότητα, απορρίπτοντας το εκκλησιαστικό δόγμα και εισάγοντας μία εναλλακτική πρόταση θεώρησής της, βασισμένη στον ορθολογιστικό τρόπο σκέψης και τις εμπειρικές επιστήμες.



Δύο από τους πρώτους κοινωνιολόγους, ο A.Ferguson και η M.Wollstonecraft.

Ορισμένοι από αυτούς τους διανοητές της περιόδου, τους οποίους σήμερα θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε ως κοινωνιολόγους, ήταν άνθρωποι όπως ο Adam Ferguson, ο Comte de Montesquieu και η Mary Wollstonecraft.

Το δεύτερο μεγάλο γεγονός του 18<sup>ου</sup> αιώνα ήταν Γαλλική Επανάσταση, που όχι μόνο ταρακούνησε τη Γαλλία και την Ευρώπη εκ θεμελίων, αλλά επηρέασε μέχρι και τη Βόρεια Αμερική. Οι απολυταρχικές μοναρχίες είτε απειλήθηκαν σοβαρά είτε διαλύθηκαν από την πίεση νεοεμφανιζόμενων κοινωνικών τάξεων στην πολιτική σκηνή και των απαιτήσεων τους για δημοκρατική αντιπροσώπευση των πολιτικών τους δικαιωμάτων. Μία σειρά νέων ιδεολογιών, όπως ήταν για παράδειγμα ο εθνικισμός, άλλαξαν διαρκώς τον ρυθμό των κοινωνικών αλλαγών.

Η Βιομηχανική Επανάσταση – ήδη θεμελιωμένη – είναι ο τρίτος καθοριστικός παράγοντας για τη διαμόρφωση των κοινωνικών επιστημών και ιδιαίτερα για την κοινωνιολογία. Η αποκοπή από την εννοιολογία της αρχαίας πολιτικής φιλοσοφίας και η στροφή προς τη σύγχρονη κοινωνιολογική επιστήμη συντελέστηκε μέσα στις συνθήκες μίας αρχόμενης βιομηχανικής κοινωνίας.

Αν και οι κοινωνικές επιστήμες με την έννοια που τις ξέρουμε σήμερα, και με το όνομα αυτό, δεν εμφανίστηκαν παρά μόνο τους τελευταίους αιώνες, η πρακτική παρουσία τους στην καθημερινή ζωή τόσο των κοινών ανθρώπων όσο και των λογίων, δεν ήταν κάτι καινούριο. Η αντιμετώπισή τους και η πρακτική εφαρμογή τους διαφέρει, αλλά δεν είναι ανύπαρκτη και ξεκινά από την αρχαιότητα ακόμα, καθώς μορφές των κοινωνικών επιστημών εντοπίζονται στη μελέτη της ιστορίας ή της πολιτικής, για παράδειγμα.

Στην αρχαία φιλοσοφία, δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ της μελέτης των μαθηματικών και της μελέτης της ιστορίας, της ποίησης ή της πολιτικής. Μόνο με την ανάπτυξη της μαθηματικής απόδειξης αναδύθηκε σταδιακά η αντίληψη πως υπάρχει διαφορά μεταξύ των αρχών των φυσικών επιστημών από άλλους επιστημονικούς κλάδους. Ωστόσο, ο Αριστοτέλης μελέτησε τις πλανητικές κινήσεις και την ποίηση χρησιμοποιώντας τις ίδιες μεθόδους.

Οι κοινωνικές επιστήμες, επηρεάστηκαν αργότερα και από άλλους λαούς. Αξιοσημείωτη, για παράδειγμα, είναι η συνεισφορά των Μουσουλμάνων επιστημόνων του Ισλαμικού κόσμου. Ο Al-Biruni (973 - 1048) χαρακτηρίζεται συχνά ως ο «πρώτος ανθρωπολόγος». Έγραψε λεπτομερείς συγκριτικές μελέτες για την ανθρωπολογία· για τους ανθρώπους και τα θρησκευόμενα τους αλλά και την κουλτούρα τους, στη Μέση Ανατολή, τη Μεσόγειο και τη Νότια Ασία. Η ανθρωπολογία βάση των θρησκευμάτων των ατόμων, του Al-Biruni, αποκαλύπτει ένα λόγο βαθιά αφοσιωμένο στη γνώση άλλων εθνών.

Ένας άλλος Μουσουλμάνος επιστήμονας της περιόδου, που χαιρεί σημαντικής αναγνώρισης, είναι ο Ibn Khaldun (1332 - 1406), ο οποίος έχει χαρακτηριστεί πατέρας της δημογραφίας, της ιστοριογραφίας, της φιλοσοφίας της ιστορίας, της κοινωνιολογίας και των κοινωνικών επιστημών ενώ θεωρείται και ένας από τους πρωτεργάτες των σύγχρονων οικονομικών επιστημών. Είναι κυρίως γνωστός για το έργο του «*Mugaddimah*» ή «*Προλεγόμενα*» στα Ελληνικά.

Στην Ευρώπη, κατά τη διάρκεια της περιόδου του Διαφωτισμού, αυτή η ενότητα επιστημών παραμένει περιγραφική. Οι επόμενες δεκαετίες όμως υπήρξαν επαναστατικές για τον κλάδο των κοινωνικών επιστημών, καθώς θα άλλαζε σχεδόν ριζικά η αντίληψη των ανθρώπων για τη φύση, το αντικείμενο αλλά και τον τρόπο μελέτης αυτών. Η μελέτη του Newton στη φυσική, έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη μεταβολή αυτή. Ο Newton, ανατρέποντας αυτό που μέχρι τότε ονομαζόταν φυσική φιλοσοφία, καθόρισε νέους παράγοντες μέσω των οποίων οι άνθρωποι θα μπορούσαν διακρίνουν τι είναι επιστημονικό και τι όχι.

Για τον Newton τα μαθηματικά ήταν μία πραγματικότητα ανεξάρτητη του παρατηρητή, που λειτουργούσε με τους δικούς της κανόνες. Για άλλους φιλοσόφους, ακόμα και για αυτούς της ίδιας περιόδου, η μαθηματική έκφραση των φιλοσοφικών ιδεών έπρεπε να είναι ένας συμβολισμός ανθρωπίνων σχέσεων· οι ίδιοι νόμοι διέπουν τόσο τις φυσικές όσο και τις πνευματικές αλήθειες. Παραδείγματα μπορούν να αποτελέσουν ο Blaise Pascal, ο Gottfried Leibniz και ο Johannes Kepler, όπου



Απόσπασμα από το *Muqaddimah* του Ibn Khaldun



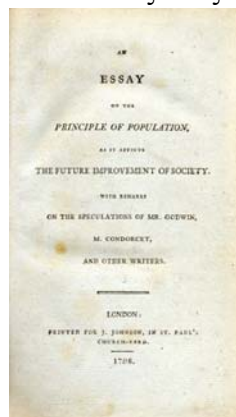
καθένας από αυτούς πήρε μαθηματικά παραδείγματα ως μοντέλα ανθρώπινης συμπεριφοράς. Στην περίπτωση του Pascal, το περίφημο στοίχιμα, για τον Leibniz η επινόηση του δυαδικού υπολογισμού, και για τον Kepler η παρέμβαση των αγγέλων για την κίνηση των πλανητών. Οι αντιλήψεις αυτές δημιούργησαν πίεση για την έκφραση των ιδεών με τη μορφή μαθηματικών συσχετισμών στα διάφορα πεδία άλλων επιστημονικών κλάδων.

Η περιγραφική εκδοχή της κοινωνικής θεωρίας δέχτηκε, αν και πολύ αργότερα, άλλο ένα ισχυρό πλήγμα εξαιτίας της μελέτης του Charles Darwin. Η βιολογία είχε αντισταθεί στη μαθηματική μελέτη, ακόμη και στη θεωρία της φυσικής επιλογής και την ιδέα της γενετικής κληρονομικότητας – αργότερα διαπιστώθηκε πως κάτι τέτοιο είχε ξεκάθαρα ειπωθεί από τον Gregor Mendel, που καταδείκνυε στην κατεύθυνση μίας επιστημονικής βιολογίας, όπως ήταν η φυσική και η χημεία, με μαθηματικούς συσχετισμούς.

Το επόμενο σημαντικό βήμα για την πρόοδο των κοινωνικών επιστημών πραγματοποιήθηκε παράλληλα με τη Γαλλική Επανάσταση και ταυτόχρονα με όλες τις εξελίξεις που αυτή πυροδότησε σε μία πληθώρα επιστημονικών τομέων. Με την πάροδο της Γαλλικής Επανάστασης, η ζωή των ανθρώπων βρέθηκε να μεταβάλλεται δραματικά, και αυτό δεν μπορούσε παρά να οδηγήσει σε άλλη μία επανάσταση, αυτή των κοινωνικών επιστημών.

Εν τέλει, πραγματοποιήθηκαν δύο επαναστάσεις των οποίων η πορεία θα συνέκλινε και θα οδηγούσε στο Μαρξισμό, ως την πιο εμπειριστατωμένη σύνθεση των κοινωνικών επιστημών. Η πρώτη, που συνέχιζε τη λαμπρή πρωτοπορία των ορθολογιστών του 17<sup>ου</sup> και 18<sup>ου</sup> αιώνα, θέσπισε για τους ανθρώπινους πληθυσμούς νόμους ανάλογους με τους φυσικούς. Η δεύτερη, η οποία συνδέεται στενά με το ρομαντισμό, ήταν η ανακάλυψη της ιστορικής εξέλιξης.

Η τολμηρή καινοτομία των κλασικών ορθολογιστών ήταν ότι κατέδειξαν πως στην ανθρώπινη συνείδηση και την ελεύθερη βούληση εφαρμόζονταν κάποιοι νόμοι που έμοιαζαν λογικά αναγκαστικοί. Οι «νόμοι της πολιτικής οικονομίας» άνηκαν σε αυτό το είδος. Η πεποίθηση ότι ίσχυαν είτε το θέλαμε είτε όχι, όπως και οι νόμοι της βαρύτητας, με τους οποίους συχνά παραβάλλονταν, έδωσε στους καπιταλιστές των αρχών του 19<sup>ου</sup> αιώνα μία σιγουριά, ενώ παράλληλα εμφύσησε στους ρομαντικούς αντιπάλους τους έναν εξίσου άγριο αντί-ορθολογισμό. Καταρχήν, οι οικονομολόγοι



Το έργο του T. M. Malthus, *Essay on Population*

είχαν ασφαλώς δίκαιο, παρόλο που τόνιζαν υπερβολικά την απόλυτη γενικότητα των αξιωμάτων στα οποία βάσιζαν τα συμπεράσματά τους. «Αν ο πληθυσμός μιας πόλης διπλασιαστεί και ο αριθμός των κατοικιών δεν αυξηθεί, τότε, εφόσον οι άλλοι παράγοντες παραμένουν σταθεροί, τα ενοίκια πρέπει να ανέβουν, είτε το θέλουμε είτε όχι», υπήρξε μία από τις προτάσεις του είδους που αποτελούσαν τη δύναμη των συστημάτων παραγωγικού λογισμού που κατασκεύαζε η πολιτική οικονομία.

Παράλληλα έγινε και η πρώτη συστηματική παρουσίαση μιας θεωρίας της δημογραφίας, που φιλοδοξούσε να αποδείξει τη μηχανική και σχεδόν αναπόφευκτη σχέση, ανάμεσα στα μαθηματικώς περιγράψιμα ποσοστά πληθυσμιακής αύξησης και τα μέσα επιβίωσης. Το έργο του T. M. Malthus, «*Essay on Population*» (1798), δεν ήταν ούτε τόσο πρωτότυπο, ούτε τόσο

εξαιρετικό όσο ισχυρίζονταν οι υποστηρικτές του, μέσα στον ενθουσιασμό τους που είχαν ανακαλύψει πως κάποιος είχε αποδείξει ότι οι φτωχοί αναπόφευκτα παραμένουν πάντα φτωχοί, καθώς και το λόγο γιατί η γενναιοδωρία και η αγαθοεργία, τους κάνουν αναπόφευκτα φτωχότερους. Η σημασία του έγκειται, στα

όσα υποστήριζε για την αντιμετώπιση και την επιστημονική επεξεργασία όλων των ειδών των αποφάσεων, ακόμα και των πιο ιδιαίτερων και παράξενων, όπως οι σεξουαλικές, ως κοινωνικό φαινόμενο.

Η εφαρμογή μαθηματικών μεθόδων στην κοινωνία σημείωσε άλλη μία μεγάλη πρόοδο την περίοδο αυτή. Ο Adolphe Quetelet από το Βέλγιο, στο έργο του «*Sur l'homme*» (1835) απέδειξε ότι η στατιστική κατανομή των ανθρώπινων χαρακτηριστικών υπακούει σε γνωστούς μαθηματικούς νόμους. Συμπέρανε λοιπόν, με βεβαιότητα που αργότερα θεωρήθηκε υπερβολική, ότι είναι δυνατόν οι κοινωνικές επιστήμες να εξομοιωθούν με τις φυσικές. Η δυνατότητα να πραγματοποιούνται στατιστικές γενικεύσεις σχετικά με τους ανθρώπινους πληθυσμούς, στις οποίες θα στηρίζονται κάποιες σίγουρες και σταθερές προβλέψεις, είχε από πολύ νωρίτερα προωθηθεί από τους οπαδούς της θεωρίας των πιθανοτήτων. Η θεωρία αυτή, αποτέλεσε και την αφετηρία του Quetelet για τις κοινωνικές επιστήμες, καθώς και αυτών που ήταν υποχρεωμένοι, για πρακτικούς λόγους, να βασίζονται σε αυτήν. Αλλά ο Quetelet και η ακμάζουσα σύγχρονη ομάδα των στατιστικολόγων, ανθρωπομετρών και κοινωνικών ερευνητών, εφάρμοσε τις μεθόδους αυτές σε πολύ ευρύτερα πεδία και δημιούργησε, αυτό που παραμένει μέχρι και σήμερα, το σημαντικότερο μαθηματικό εργαλείο για τη διερεύνηση των κοινωνικών φαινομένων.

Αυτές οι εξελίξεις στις κοινωνικές επιστήμες ήταν επαναστατικές με τον τρόπο που ήταν και η χημεία: συνέχιζαν δηλαδή στην πράξη, τις προόδους που είχαν ήδη γίνει. Αλλά οι κοινωνικές επιστήμες είχαν στο ενεργητικό τους και ένα άλλο, εντελώς νέο και πρωτότυπο επίτευγμα, που με τη σειρά του πυροδότησε τις βιολογικές επιστήμες ακόμη και τις φυσικές, όπως η γεωλογία. Το επίτευγμα αυτό ήταν η ανακάλυψη του ρόλου της ιστορίας ως διαδικασία λογικής εξέλιξης και όχι απλώς και μόνο ως χρονολογική διαδοχή συμβάντων. Έτσι, από την κριτική του καπιταλισμού ξεκίνησε αυτό που ονομάστηκε Κοινωνιολογία (ο όρος κοινωνιολογία επινοήθηκε



Auguste Comte,  
1798 - 1857

από τον Auguste Comte γύρω στα 1830). Ο ίδιος ο Comte (1797 - 1857), που θεωρείται συνήθως ως ο ιδρυτής της, άρχισε τη σταδιοδρομία του ως ιδιαίτερος γραμματέας του πρωτεργάτη ουτοπικού σοσιαλιστή Κόμη Saint-Simon. Υποστήριξε ότι οι ιδέες διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: θεολογικές, φιλοσοφικές και επιστημονικές. Καθόρισε τις διαφορές τους λέγοντας πως η πρώτη κατηγορία είναι συμπερασματική, η δεύτερη περιλαμβάνει ιδέες που προέρχονται από κριτική σκέψη ενώ οι ιδέες της τρίτης είναι αποτέλεσμα θετικής παρατήρησης. Η οριοθέτηση αυτή, παρότι απορρίφθηκε από πολλούς, περιέκλειε τη σκέψη η οποία επρόκειτο να αποτρέψει το χαρακτηρισμό των οικονομικών σπουδών ως μία περιγραφική αρχή βασισμένη στα μαθηματικά.

Επιπλέον, ο περιφημότερος σύγχρονός του θεωρητικός, ο Marx, έβλεπε τη θεωρία του Comte, πρωτίστως ως εργαλείο για να αλλάξει ο κόσμος. Ο Karl Marx (1818 - 1883) ήταν ένας από τους πρώτους συγγραφείς που υποστήριξε ότι οι μέθοδοι έρευνάς του, αντιπροσώπευαν μία επιστημονική πλευρά της ιστορίας σε αυτό το μοντέλο.

Η δημιουργία της ιστορίας ως ακαδημαϊκού γνωστικού αντικειμένου είναι ίσως η λιγότερο σημαντική όψη αυτής της ιστορικοποίησης των κοινωνικών επιστημών. Είναι αλήθεια ότι κατά το πρώτο μισό του 19<sup>ου</sup> αιώνα κυριεύσε την Ευρώπη μία επιδημία ιστοριογραφίας. Σπάνια τόσοι άνθρωποι βάλθηκαν να κατανοήσουν τον

κόσμο τους γράφοντας πολύτομες εξιστορήσεις του παρελθόντος, σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα για πρώτη φορά: ο Καραμζίν στη Ρωσία(1818-24), ο Geijer στη Σουηδία(1832-36), ο Palacky στη Βοημία(1836-67), θεωρήθηκαν οι πατέρες της ιστοριογραφίας της πατρίδας τους. Στη Γαλλία, η επιθυμία κατανόησης του παρόντος μέσω του παρελθόντος υπήρξε έντονη, και εκεί η ίδια η Γαλλική Επανάσταση έγινε γρήγορα αντικείμενο εντατικής και ενθουσιώδους μελέτης. Ήταν μία περίοδος πυρετώδους καταγραφής της ιστορίας, αλλά μικρό μέρος από το έργο των ιστοριογράφων της εποχής αυτής, έχει επιβιώσει ως τις μέρες μας – και αυτό μόνο ως ιστορική μαρτυρία, ως λογοτέχνημα ή, ως τεκμήριο μεγαλοφυΐας.

Τα πιο σημαντικά αποτελέσματα αυτής της ιστορικής αφύπνισης ήταν στον τομέα της τεκμηρίωσης και της ιστορικής τεχνικής. Η συλλογή των καταλοίπων του παρελθόντος, γραπτών ή άγραφων, πήραν διαστάσεις παγκοσμίου πάθους. Ίσως εν μέρει να ήταν μία προσπάθεια να προστατέψουν τα γεγονότα του παρελθόντος ώστε να μην επισκιαστούν από τις χειμαρρώδεις εξελίξεις του παρόντος, μολονότι ο εθνικισμός ήταν πιθανόν το σημαντικότερο έναυσμα. Στα έθνη που δεν είχαν μέχρι τότε αφυπνιστεί, ο ιστορικός, ο λεξικογράφος και ο συλλέκτης των δημοτικών τραγουδιών ήταν συχνά οι θεμελιωτές της εθνικής συνείδησης. Έτσι οι Γάλλοι δημιούργησαν την Ecole des Chartes(1821), οι Άγγλοι το Public Record Office(1838), οι Γερμανοί άρχισαν να εκδίδουν τα Monumenta Germaniae Historiae(1826), ενώ η θεωρία ότι η ιστορία πρέπει να βασίζεται σε επιμελή μελέτη και αξιολόγηση των πρωτογενών πηγών αναπτύχθηκε από τον Leopold von Ranke(1795-1886). Στο μεταξύ, οι γλωσσολόγοι και οι λαογράφοι ετοίμαζαν τα κεφαλαιώδη λεξικά των γλωσσών τους και τις συλλογές των προφορικών παραδόσεων των λαών τους.

Η εισαγωγή της ιστορίας στις κοινωνικές επιστήμες είχε αμεσότερο αντίκτυπο στο Δίκαιο, όπου ο Friedrich Karl von Savigny ίδρυσε την ιστορική Σχολή της Νομολογίας (1815), και στη μελέτη της θεολογίας, όπου η εφαρμογή ιστορικών κριτηρίων έκανε τους κηρύττοντες το αλάνθαστο της Αγίας Γραφής να φρίζουν. Κυρίως όμως, η νέα εξέλιξη επηρέασε την εντελώς νέα επιστήμη της φιλολογίας, που αναπτύχθηκε πρωτίστως στη Γερμανία, το κατεξοχήν ακμάζων κέντρο διάδοσης της ιστορικής προσέγγισης. Το φαινομενικό έναυσμα για την ανάπτυξη της φιλολογίας ήταν η κατάκτηση μη ευρωπαϊκών κοινωνιών από την Ευρώπη. Οι πρωτοπόρες έρευνες του Sir William Jones στα σανσκριτικά(1786) ήταν το αποτέλεσμα της Ευρωπαϊκής κατάκτησης της Βεγγάλης, η ανάγνωση των ιερογλυφικών από τον Champollion ήταν το αποτέλεσμα της εκστρατείας του Ναπολέοντα στην Αίγυπτο. Η επεξήγηση της σφηνοειδούς γραφής από τον Rawlinson(1835) αντανάκλασε την παρουσία των Βρετανών αποικιοκρατών. Αλλά στην ουσία, η φιλολογία δεν περιοριζόταν στην ανακάλυψη, περιγραφή και κατάταξη. Κυρίως στα χέρια μεγάλων Γερμανών λογίων, όπως ο Franz Bopp (1791-1867) και οι αδελφοί Grimm, έγινε η δεύτερη κατεξοχήν επιστήμη μετά την πολιτική οικονομία, που ανακάλυψε γενικούς νόμους, οι οποίοι εφαρμόζονται σε έναν φαινομενικά τόσο παράξενο τομέα της ανθρώπινης επικοινωνίας. Αντίθετα όμως με τους νόμους της πολιτικής οικονομίας, οι νόμοι της φιλολογίας ήταν κατά βάση ιστορικοί, ή μάλλον εξελικτικοί.



Τα πρώτα ιερογλυφικά που μεταφράστηκαν από τον Champollion(Η Στήλη της Ροζέττα)

Η βάση τους ήταν η ανακάλυψη ότι ένα ευρύ σύνολο γλωσσών, οι ινδοευρωπαϊκές, σχετίζονταν μεταξύ τους, σε συνδυασμό με το προφανές γεγονός ότι κάθε υπαρκτή γραπτή ευρωπαϊκή γλώσσα είχε φανερά εξελιχθεί και μετασχηματιστεί με την πάροδο των αιώνων και, κατά τα φαινόμενα, συνέχιζε να διαμορφώνεται ακόμη. Το πρόβλημα δεν ήταν απλά και μόνο να αποδειχτούν και να κωδικοποιηθούν οι σχέσεις αυτές με τη μέθοδο της επιστημονικής παραβολής. Το πρόβλημα ήταν επίσης, να διαλευκανθεί η ιστορική τους εξέλιξη από τον κοινό τους πρόγονο.

Η φιλολογία ήταν η πρώτη επιστήμη που θεώρησε καθαυτό πυρήνα της την εξελικτική διεργασία. Ήταν φυσικά και τυχερή, διότι η Βίβλος δεν μιλά ιδιαίτερα για την ιστορία των γλωσσών, ενώ, όπως είχαν πολλούς λόγους να γνωρίζουν καλά οι βιολόγοι και οι γεωλόγοι, είναι υπέρ του δέοντος αναλυτική όσον αφορά την δημιουργία και την πρόιμη ιστορία της γης. Αλλά η φιλολογία ευνοούνταν επίσης και από το γεγονός ότι από όλες τις κοινωνικές επιστήμες ήταν η μόνη που δεν είχε να κάνει άμεσα με τον άνθρωπο, ο οποίος πάντοτε αρνείται να αποδεχτεί ότι οι πράξεις του καθαρίζονται από οτιδήποτε άλλο εκτός από την ελεύθερη βούλησή του. Η φιλολογία είχε να κάνει με το λόγο, και επομένως ήταν ελεύθερη να αντιμετωπίσει το έως σήμερα πρωταρχικό πρόβλημα των ιστορικών επιστημών: πως δηλαδή να τεκμηριώσει την ύπαρξη της τεράστιας, και πολλές φορές φαινομενικά ανομοιογενούς, ποικιλίας ατόμων που ζουν στη κοινωνία από την επιρροή σταθερών γενικών νόμων.

Στην πραγματικότητα, οι πρώτοι φιλόλογοι δεν προχώρησαν πάρα πολύ στην ερμηνεία της γλωσσολογικής αλλαγής, μολονότι ο ίδιος ο Βορρ είχε ήδη εισηγηθεί μία θεωρία για την προέλευση των γραμματικών κλίσεων. Για τις ινδοευρωπαϊκές όμως γλώσσες, κατάφεραν να καταρτίσουν ένα είδος γενεαλογικού πίνακα. Έκαναν ορισμένες επαγωγικές γενικεύσεις όσον αφορά τους σχετικούς ρυθμούς αλλαγής διαφόρων γλωσσολογικών στοιχείων και κατέληξαν σε κάποια γενικά συμπεράσματα, όπως ο «Νόμος του Grimm», που κατέδειξε ότι όλες οι τευτονικές γλώσσες έχουν υποστεί ορισμένες μετατροπές συμφώνων και ότι, αρκετούς αιώνες αργότερα, μια ομάδα τευτονικών διαλέκτων υπέστη και αυτή ανάλογη μετατροπή. Εντούτοις, σε όλες αυτές τις πρωτοπόρες αναζητήσεις, ποτέ δεν αμφισβητήθηκε ότι η εξέλιξη της γλώσσας δεν ήταν απλώς και μόνο θέμα χρονολογικής ακολουθίας ή καταγραφής των παραλλαγών, αλλά έπρεπε να ερμηνευθεί βάση γενικών γλωσσολογικών νόμων, ανάλογων με τους επιστημονικούς.

Οι κοινωνικές επιστήμες, είναι μία ομάδα επιστημών που αναδύθηκε και αυτή στην επιφάνεια με αφορμή την Επιστημονική Επανάσταση. Αν και φαινομενικά οι κοινωνικές επιστήμες είναι κατ' εξοχήν θεωρητικές, και βασίζονται στην καταγραφή δεδομένων και γεγονότων, παρατηρήσεων και συσχετισμών, είναι και αυτές συνδεδεμένες με μαθηματικούς νόμους και κυρίως με τη στατιστική. Υπήρξαν οι πρώτες επιστήμες που είχαν ως αποκλειστικό αντικείμενο μελέτης τους, τον ίδιο τον άνθρωπο· πως συμπεριφέρεται, πως αντιδρά με βάση το οικονομικό-πολιτικό του γίνεσθαι, ακόμη και το πώς μιλάει βάση της γεωγραφικής του θέσης και της ιστορίας του. Η αξία της παρουσίας και της προόδου των κοινωνικών επιστημών, θα μπορούσε εύκολα να υποτιμηθεί συγκρινόμενη με τις αλλαγές που έφεραν στον κόσμο οι εξελίξεις των άλλων επιστημονικών τομέων. Μία τέτοια κίνηση όμως, θα ήταν αβάσιμη και λανθασμένη. Η εμφάνιση των κοινωνικών επιστημών στο προσκήνιο ήταν η αφορμή για την ενίσχυση της εθνικής συνείδησης του ατόμου, μέσω της καταγραφής της ιστορίας του για παράδειγμα, και έδωσαν στον άνθρωπο την ώθηση να αντιληφθεί τη φύση της ιστορίας του ως κομμάτι του ίδιου του, του εαυτού και ως θεμέλιο λίθο για τη μελλοντική του εξέλιξη.

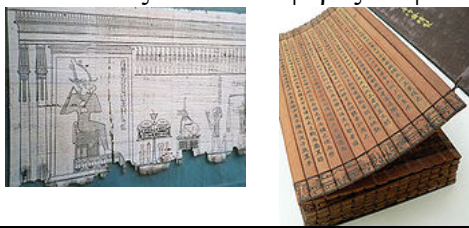


## Ανακαλύψεις που άλλαξαν τον κόσμο

### Τυπογραφία

Η ιστορία της τυπογραφίας ξεκίνησε σαν μία προσπάθεια για τη μείωση του κόστους, την αύξηση της ταχύτητας και της εύκολης αναπαραγωγής γραπτών κειμένων και εικόνων.

Οι πρώτες τυπωτικές μηχανές εντοπίζονται στην Κίνα το 220 και την Αίγυπτο τον 4<sup>ο</sup> αιώνα, και περιγράφονται σαν ένα είδος ξύλινων σφραγίδων που τύπωναν σύνολα λέξεων σε διάφορες επιφάνειες όπως το ύφασμα και αργότερα σε πάπυρο και χαρτί, χρησιμοποιώντας χρώματα και μελάνια με βάση το νερό. Ωστόσο οι περισσότερες από αυτές τις σφραγίδες, άνηκαν σε ιερείς και κυβερνήτες και αποτύπωναν ορισμένα σύμβολα που έδιναν κύρος και βεβαίωναν τη γνησιότητα των εγγράφων τα οποία σφράγιζαν. Το σύστημα αυτό έγινε αργότερα γνωστό και στην Ευρώπη όπου μέχρι τα 1300



*Αιγυπτιακός πάπυρος και Κινέζικο βιβλίο από μπαμπού.*

είχε γίνει μία ευρέως διαδεδομένη μέθοδος τύπωσης συμβόλων, κυρίως στα ρούχα. Αργότερα, γύρω στα 1400, όταν το χαρτί είχε πια γίνει ένα εύκολα αποκτήσιμο υλικό, η ίδια μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για την τύπωση θρησκευτικών εικόνων και άλλων καρτών.

Η ίδια λογική των σφραγίδων, χρησιμοποιήθηκε και για την τύπωση βιβλίων. Τα βιβλία ήταν κατά κανόνα χειρόγραφα. Μετά το πρωτότυπο, όποιος επιθυμούσε την απόκτηση ενός βιβλίου έπρεπε να κάνει την παραγγελία του σε κάποιον που είχε ένα δικό του αντίτυπο αλλά και τα μέσα να το αντιγράψει. Συνήθως ήταν τα μοναστήρια αυτά που αναλάμβαναν την εργασία αυτή. Οι μονές διέθεταν μεγάλες βιβλιοθήκες και οι μοναχοί της, αναλάμβαναν την αντιγραφή τους για όποιον ήθελε και μπορούσε να τα αποκτήσει. Η διαδικασία αυτή ήταν πολυδάπανη και εξαιρετικά χρονοβόρα. Η χρήση σφραγίδων, που μπορούσαν να τυπώσουν μεγάλα σύνολα λέξεων, συχνά σελίδες ολόκληρες βιβλίων, έκανε τη διαδικασία αυτή ευκολότερη και ταχύτερη, και αυτό έκανε την αγορά βιβλίων φθηνότερη.

Στην Κίνα ο Bi Sheng, γύρω στα 1040, αντί των σφραγίδων με λέξεις, σκέφτηκε και δημιούργησε μεμονωμένα γράμματα από πορσελάνη με σκοπό να χρησιμοποιεί κάθε φορά την ακολουθία γραμμάτων που θα του έδιναν το κείμενο που επιθυμούσε. Στην Κορέα μιμούμενοι την ίδια λογική, δημιούργησαν γύρω στα 1230, για την τύπωση κειμένων, τα δικά τους γράμματα φτιαγμένα αυτή τη φορά, από σίδερο.

Την ίδια ιδέα εκμεταλλεύτηκε και ο Johannes Gutenberg στο Mainz της Γερμανίας το 1439. Χρησιμοποιώντας μεταλλικούς χαρακτήρες δημιούργησε την πρώτη τυπογραφική μηχανή. Το σύστημα του Gutenberg, με το οποίο πειραματίστηκε πολύ μαζί με τους Johan Fust και Peter Shoffer, έγινε γνωστό και διαδόθηκε στην Ευρώπη στα πλαίσια μίας δεκαετίας, ενώ μέχρι τις αρχές του 17<sup>ου</sup> αιώνα είχε φτάσει και στην Αμερική (Μασαχουσέτη, Απρίλιος 1638). Η χρήση της τυπογραφικής μηχανής του Gutenberg αύξησε κατά πολύ την ταχύτητα αναπαραγωγής των κειμένων, και λίγο αργότερα και των εικόνων. Τα μεταλλικά γράμματα που χρησιμοποιούνταν έδιναν πολύ πιο καθαρό και ευκρινές σχήμα από ότι τα προηγούμενα συστήματα που είχαν χρησιμοποιηθεί, και σε συνδυασμό με το μελάνι που επινόησε ο Gutenberg, με βάση ορισμένα έλαια, οι τυπωμένοι χαρακτήρες είχαν μεγαλύτερη διάρκεια.

Το σύστημα εκτυπώσεων του Gutenberg παρέμεινε εν πολλοίς το ίδιο για 300 περίπου χρόνια ώσπου οι John Baskerville και Gianbattista Bodoni έκαναν τις πρώτες βελτιώσεις του, ενώ ο Λόρδος Stanhope, περίπου στα 1800, δημιούργησε μία τυπογραφική μηχανή με την οποία μείωσε την απαιτούμενη, για τη χρησιμοποίησή της, δύναμη κατά 90% ενώ διπλασίασε την τυπωτική επιφάνεια, και κατάφερε να τυπώσει έγγραφα με ταχύτητα 250 φύλλων την ώρα.

Η επόμενη εξέλιξη στην τυπογραφία ήρθε από τον Friedrich Koenig ο οποίος σχεδίασε μία μηχανή η οποία δε θα απαιτούσε ανθρώπινη δύναμη για τη λειτουργία της, αλλά θα κινητοποιούνταν με τη χρήση ατμού. Κατάφερε να πατεντάρει την ιδέα του το 1810 και να θέσει σε λειτουργία την πρώτη τυπογραφική μηχανή, που δούλευε με ατμό, τον Απρίλιο του 1811 στο Λονδίνο.



Μηχανή εκτύπωσης του 1811

Η εφεύρεση της τυπογραφικής μηχανής και η διάδοση της τυπογραφίας κρατά σημαντική θέση στη λίστα των επιτευγμάτων του Μεσαίωνα και της Επιστημονικής Επανάστασης. Η δυνατότητα γρήγορης και συγκριτικά οικονομικής απόκτησης βιβλίων έγινε πλέον γεγονός, και αν όχι της απόκτησής τους, η πρόσβαση σε αυτά έγινε πολύ ευκολότερη και διευκολύνθηκε η διάδοση της γνώσης, και η πρόσβαση στη γνώση έδωσε τη δυνατότητα και την ευκαιρία στα μεγάλα μυαλά της περιόδου αυτής να δώσουν τα δικά τους φώτα στην ανθρωπότητα.

### **Ηλεκτρισμός και Ηλεκτρομαγνητισμός**

Σε γενικές γραμμές οι κλασικές φυσικές επιστήμες δεν επηρεάστηκαν τόσο από τις αλλαγές της περιόδου αυτής. Ουσιαστικά μετά τα μέσα του 18<sup>ου</sup> αιώνα, παρέμειναν στα όρια που είχε θεσπίσει ο Newton, είτε συνεχίζοντας τις πρόσφατα δοσμένες ερευνητικές κατευθύνσεις, είτε επεκτείνοντας προηγούμενες αποσπασματικές ανακαλύψεις και συντονίζοντας τες σε ευρύτερα θεωρητικά πλαίσια. Ο πιο σημαντικός από τους νέους τομείς που άρχισαν να αναπτύσσονται με τον τρόπο αυτό, και αυτός που είχε τις αμεσότερες τεχνολογικές συνέπειες, ήταν ο ηλεκτρισμός, ή μάλλον ο ηλεκτρομαγνητισμός. Πέντε κύριες χρονολογίες είναι χαρακτηριστικές της αποφασιστικής του προόδου:

- ✓ 1783. Ο Galvani ανακαλύπτει το ηλεκτρικό ρεύμα.
- ✓ 1799. Ο Volta κατασκευάζει την μπαταρία.
- ✓ 1800. Ανακάλυψη της ηλεκτρόλυσης.
- ✓ 1820. Ο Oersted βρίσκει κατά τύχη τη σχέση μεταξύ ηλεκτρισμού και μαγνητισμού.

✓ 1831. Ο Faraday αποδεικνύει τις σχέσεις ανάμεσα σε όλες αυτές τις δυνάμεις και κατόπιν αυτού βρίσκεται να ανοίγει το δρόμο σε μία νέα προσέγγιση της φυσικής, ως «πεδία» και όχι ως μηχανική έλξη και άπωση, που προοιωνίζαν τη σύγχρονη εποχή.

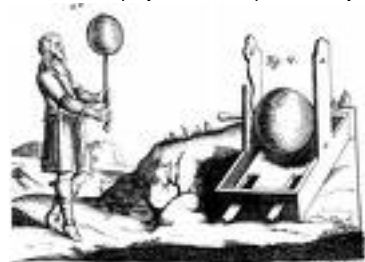
Ηλεκτρισμός είναι ο γενικός όρος που υποδηλώνει όλα εκείνα τα φυσικά φαινόμενα, στα οποία παίρνουν μέρος ηλεκτρικά φορτία, είτε αυτά βρίσκονται σε ηρεμία, είτε σε κίνηση.

Η γνώση μερικών ηλεκτρικών φαινομένων ανάγεται σε πολύ μακρινές εποχές. Εκτός από την παρατήρηση των φυσικών φαινομένων, όπως του κεραυνού – που ωστόσο τον θεωρούσαν σα φλόγα – είναι ιστορικά βεβαιωμένο ότι ήδη οι αρχαίοι Έλληνες κατά τον 7ο π. Χ. αιώνα γνώριζαν την ιδιότητα που είχε το ήλεκτρο

(κεχριμπάρι ) να έλκει πολύ ελαφρά σώματα όταν τριφτεί ελαφρά με ένα ύφασμα ή με δέρμα. Εκεί άλλωστε οφείλεται και η ορολογία ηλεκτρισμός που προέρχεται ακριβώς από τη λέξη ήλεκτρο.

Για δύο σχεδόν χιλιετίες οι γνώσεις για τον ηλεκτρισμό παρέμειναν σχεδόν σε αυτό το στάδιο και μόνο με την έναρξη του 16<sup>ου</sup> αιώνα πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες επιστημονικές παρατηρήσεις στο θέμα αυτό. Ο William Gilbert (1544 - 1603) πραγματοποίησε μία πρώτη προσεκτική μελέτη («*De magnetibus*», 1600), για τις δράσεις που ασκούν ορισμένα τριβόμενα σώματα, παρουσιάζοντας έτσι το σύνολο των γεγονότων που παρατήρησε ως «ηλεκτρικά φαινόμενα».

Κατά το 17<sup>ο</sup> και 18<sup>ο</sup> αιώνα η γενική άθηση της επιστήμης έκανε να αναβιώσει το ενδιαφέρον και για τα ηλεκτρικά φαινόμενα, ανάμεσα στα άλλα αντικείμενα



Ο Otto von Guericke και η ηλεκτροστατική μηχανή του.

περιέργειας στα σαλόνια της μόδας. Ο Otto von Guericke (1602 – 1686) κατασκεύασε κατά το 1670 την πρώτη ηλεκτροστατική μηχανή που αποτελούνταν από μία σφαίρα από θειάφι η οποία καθώς περιστρεφόταν τριβόταν με το χέρι. Το 1729, με βάση την παρατήρηση ότι ένα μεταλλικό σύρμα διατρεχόταν κατά μήκος από ηλεκτρισμό, ενώ διατηρούνταν στα σώματα που παράγονταν ηλεκτρίση εξαιτίας της τριβής, ο Stephen Gray(1666 - 1736) εισήγαγε τη θεμελιώδη διάκριση μεταξύ αγωγών και μη αγωγών ή

μονωτών.

Ο Γάλλος φυσικός Charles Francois du Fay (1698 – 1739 ) διέκρινε πειραματικά, το 1734, δύο τύπους ηλεκτρισμού: ο ένας μπορούσε να επιτευχθεί όταν τριβόταν γυαλί, χαλαζίας, πολύτιμοι λίθοι και άλλες ουσίες και σε αυτόν έδωσε το όνομα «η εξ ύαλου» · ο άλλος πετυχαίνονταν κυρίως με το ήλεκτρο και ορισμένες άλλες ουσίες, και σε αυτόν έδωσε το όνομα « η εκ ρητίνης». Ο ίδιος ο du Fay πρόσθετε, « Χαρακτηριστικό αυτών των δύο ηλεκτρισμών είναι ότι καθένας απωθεί τον όμοιό του και έλκει τον άλλο. Έτσι ένα σώμα φορτισμένο με ηλεκτρισμό εξ ύαλου απωθεί όλα τα σώματα που φέρουν ηλεκτρισμό εξ ύαλου και έλκει εκείνα που φέρουν ηλεκτρισμό εκ ρητίνης. Ομοίως, οι εκ ρητίνης απωθούν τα εκ ρητίνης και έλκουν τα εξ ύαλου.». Αργότερα ο Benjamin Franklin(1706 - 1790), βάση των ίδιων παρατηρήσεων, οδηγήθηκε στο να εισάγει την έννοια του θετικού ηλεκτρισμού (που αντιστοιχεί στον εξ ύαλου ηλεκτρισμό) και του αρνητικού ηλεκτρισμού (που αντιστοιχεί στον ηλεκτρισμό εκ ρητίνης), ως εκδήλωση συμπίεσης ή αραιώσης ενός ενιαίου ηλεκτρικού ρευστού, του οποίου η συνολική ποσότητα διατηρείται σταθερή ή αλλιώς την αρχή διατήρησης του ηλεκτρισμού. Κατά την πορεία των πειραμάτων του στον ηλεκτρισμό ο Φραγκλίνος κατόρθωσε να καθορίσει την ομοιότητα μεταξύ κεραυνού και ηλεκτρικών σπινθήρων. Αυτή η παρατήρηση του επέτρεψε να επινοήσει το αλεξικέραυνο.

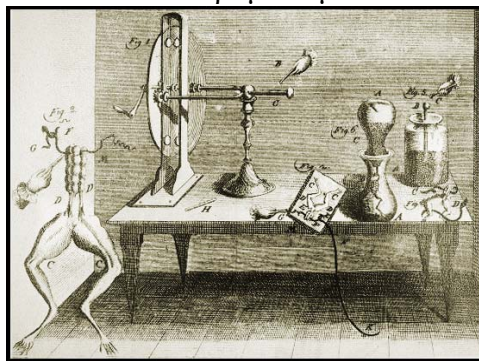
Το 1746 ο Ολλανδός φυσικός Pieter van Musschenbroek (1692 – 1761 ), καθηγητής στο πανεπιστήμιο του Leyden, ανακοίνωσε ένα πείραμα που τον οδήγησε σε λίγα χρόνια στην κατασκευή της λουγδουνικής λαγήνου, του πρώτου ηλεκτρικού πυκνωτή, που συντέλεσε πάρα πολύ στο να κάνει δημοφιλή τα πειράματα πάνω στον ηλεκτρισμό.

Στο δεύτερο μισό του 18<sup>ου</sup> αιώνα ανάγονται ακόμα οι πρώτες ποσοτικές μετρήσεις πάνω στον ηλεκτρισμό, που αποδίδονται πάνω στον Henry Cavendish(1731 - 1810) και Charles Augustin de Coulomb(1736 - 1806). Με τον ορισμό και προπάντων με τη μέτρηση του ηλεκτρικού φορτίου ενός σώματος, άνοιξε ο δρόμος στο μαθηματικό λογισμό για τη μελέτη των ηλεκτρικών φαινομένων.

Ένα άλλο σημαντικό και αποφασιστικό βήμα αποτέλεσε η επινόηση (1799) της ηλεκτρικής στήλης, από το Alessandro Volta(1745 - 1827), αποτέλεσμα μιας μακράς σειράς συλλογισμών και πειραμάτων, που έκανε ο Ιταλός επιστήμονας με το σκοπό να δώσει μια εξήγηση στα φαινόμενα που είχε παρατηρήσει ο Luigi Galvani(1737 - 1798) στους βατράχους, χωρίς να λάβει υπόψη την υπόθεση για την ύπαρξη ζωικού ηλεκτρισμού.

Το 1783, σύμφωνα με μία δημοφιλή εκδοχή της ιστορίας, καθώς ο Galvani διαμέλιζε ένα βάτραχο πάνω στο τραπέζι που πριν εκτελούσε πειράματα με το

στατικό ηλεκτρισμό, ο βοηθός του άγγιξε ένα εκτεθειμένο νεύρο του βατράχου με ένα μεταλλικό όργανο, το οποίο είχε φορτιστεί. Η επαφή αυτή προκάλεσε σπίθες, ενώ ταυτόχρονα το πόδι του νεκρού βατράχου τινάχτηκε σαν αυτός να ήταν ζωντανός. Με την παρατήρηση αυτή ο Galvani έκανε τον πρώτο συσχετισμό μεταξύ ηλεκτρισμού και κίνησης ή ακόμα και της ζωής. Η παρατήρηση αυτή έθεσε τα θεμέλια για την κατανόηση ότι, η ηλεκτρική ενέργεια και όχι



Το «πείραμα» του Galvani με το βάτραχο.

ο αέρας ήτα υγρά είναι ο καθοριστικός παράγοντας για τη γέννηση μυϊκής κίνησης. Ο Galvani επινόησε τον όρο «ζωικός ηλεκτρισμός» για να περιγράψει αυτό που έκανε τους μυς των ζώων να κινούνται, και θεώρησε πως η ενεργοποίηση των μυών προέρχεται από την ηλεκτρική ροή που μεταφέρεται στους μυς μέσω των νεύρων.

Το 1764 ο Σουηδός καθηγητής Johan Carl Wilcke, επινόησε μία συσκευή που παρήγαγε ηλεκτροστατική ενέργεια. Η ίδια συσκευή βελτιώθηκε και έγινε ευρέως γνωστή από τον Volta. Το 1791 ο Volta άρχισε να μελετά τον «ζωικό ηλεκτρισμό» του Galvani, όταν δύο διαφορετικά μέταλλα συνδέονταν σε σειρά με τα πόδια του βατράχου αλλά και μεταξύ τους. Συνειδητοποίησε τότε ότι τα πόδια του βατράχου εξυπηρετούσαν και σαν αγωγός αλλά και σαν ανιχνευτής ηλεκτρισμού. Αντικατέστησε τα πόδια του βατράχου με χαρτί βουτηγμένο σε αλατόνερο, και διαπίστωσε τη ροή του ρεύματος μέσα από άλλα υλικά με τα οποία ήταν εξοικειωμένος από τις προηγούμενες μελέτες του για τον ηλεκτρισμό. Με αυτό τον τρόπο ανακάλυψε την ηλεκτροκινητική δύναμη. Το 1800 ο Volta ανακάλυψε την ηλεκτρική στήλη, τον πρόδρομο της μπαταρίας, που μπορούσε να παράγει συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα.

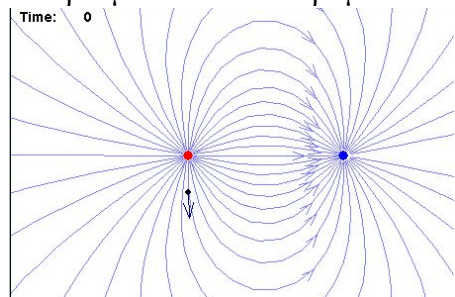
Η επινόηση της στήλης και αργότερα οι τελειοποιήσεις της άνοιξαν το δρόμο στις μελέτες επί της κίνησης των ηλεκτρικών φορτίων και πάνω στα φαινόμενα τους, είτε φυσικής είτε χημικής φύσης. Έτσι άρχισε να διαγράφεται ένας νέος κλάδος του ηλεκτρισμού, η ηλεκτροδυναμική. Ήδη κατά τα πρώτα έτη του 19<sup>ου</sup> αιώνα προστέθηκε η ανακάλυψη της χημικής διάσπασης μερικών σύνθετων σωμάτων με το ηλεκτρικό ρεύμα (ηλεκτρόλυση) και οι πρώτες τεχνικές εφαρμογές (ηλεκτρικός καθαρισμός, επαργύρωση κλπ.). Το 1821 ο Thomas Johann Seebeck(1770 - 1831) ανακάλυψε το φαινόμενο που συμβαίνει κατά την επαφή δύο διαφορετικών μετάλλων που διατηρούνται σε διαφορετική θερμοκρασία και πραγματοποίησε έτσι το πρώτο θερμοηλεκτρικό ζεύγος ` το αντίστροφο φαινόμενο, που το επεσήμανε ο Jean Charles Peltier (1785 - 1845), ανάγεται στο 1834. Επιπλέον πριν από τα μέσα του ίδιου αιώνα ο Ohm και ο Gustav Robert Kirchhoff (1824 - 1887) διατύπωσαν τους θεμελιώδεις νόμους του ηλεκτρικού ρεύματος και τους ποσοτικούς της ηλεκτρολυτικής διάσπασης. Εκτός από αυτά, έγιναν πασίγνωστα μερικά θεμελιώδη πειράματα, όπως εκείνα του James Joule(1818 - 1889) για τα θερμικά αποτελέσματα του ρεύματος,



και οι ευφυείς διατάξεις, όπως η φημισμένη «γέφυρα» του Wheatstone για τις μετρήσεις των αντιστάσεων.

Η επινόηση της ηλεκτρικής στήλης κατέστησε επίσης δυνατή τη μελέτη των μαγνητικών δράσεων που παράγονται από τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος σε έναν αγωγό.

Η έναρξη αυτών των μελετών σχετίζεται με τις περίφημες ανακαλύψεις που έκανε κατά τη δεύτερη δεκαετία του 19<sup>ου</sup> αιώνα ο Hans Christian Oersted (1777 - 1851). Ο Oersted κάνοντας κάποια πειράματα παρατήρησε ότι η βελόνα μιας πυξίδας απέκλινε κάθε φορά που ένας αγωγός, τοποθετημένος κοντά σε αυτήν, διαρρέοταν από ρεύμα. Αυτό το πείραμα το επανέλαβαν ο Andre – Marie Ampere (1775 - 1836)



Το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργούν δύο διαφορετικά φορτισμένα σώματα.

και ο Arago, και χρησίμευσε ως αφετηρία στις έρευνες για τον ηλεκτρομαγνητισμό, κλάδος του ηλεκτρισμού που ασχολείται με τις ιδιότητες των φορτίων που βρίσκονται σε κίνηση. Γύρω στα 1820 ο Ampere διατύπωσε, με τη συμβολή των Biot - Savart και Laplace, τους θεμελιώδεις νόμους που διέπουν τη δημιουργία ενός μαγνητικού πεδίου ως αποτέλεσμα του ηλεκτρικού ρεύματος και αντίστροφα.

Το 1831 ο Michael Faraday (1791 - 1867) φέρνει στο προσκήνιο την έννοια του ηλεκτρικού πεδίου. Η δύναμη του ηλεκτρικού πεδίου δρα ανάμεσα σε δύο φορτία, με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο η βαρυτική δύναμη δρα ανάμεσα σε δύο μάζες. Ενώ όμως η βαρυτική δύναμη εξαρτάται από τη μάζα των δύο σωμάτων, η ηλεκτρική δύναμη εξαρτάται από τα ηλεκτρικά τους φορτία. Η ηλεκτρική δύναμη μπορεί να είναι είτε ελκτική είτε απωστική, ανάλογα με το πρόσημο του φορτίου των σωμάτων.

Στα 1834 ανάγεται επίσης η διατύπωση, από τον Lenz, του νόμου ο οποίος καθορίζει τη μεταφορά των ρευμάτων εξ επαγωγής. Όλοι οι νόμοι του ηλεκτρομαγνητισμού έχουν ευφυώς διατυπωθεί μεταξύ 1840 και 1875 από τον James Clerk Maxwell (1831 - 1879) σε μία γενική και εκτεταμένη θεωρία πάνω στη φύση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Οι τελευταίες δεκαετίες του 19<sup>ου</sup> αιώνα αφιερώθηκαν κατά ένα μέρος σε πειραματικές αποδείξεις των όσων είχε προβλέψει η θεωρία του Maxwell (ο Hertz, π.χ. επαλήθευσε το 1886 ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαθέτουν ιδιότητες ανάλογες με εκείνες του φωτός), και κατά ένα μέρος στην έρευνα διάφορων φαινομένων, τα οποία δεν εναρμονίζονταν με την «κλασική» θεωρία του Maxwell, η οποία κατάληξε στη διατύπωση μιας σωματιδιακής θεωρίας του ηλεκτρισμού.

Με τον τρόπο αυτό άνοιξε με τον νέο αιώνα ένας ευρύς και ανεξερεύνητος ορίζοντας για τον ηλεκτρισμό, ο οποίος συνδέεται όχι πια με τα κλασικά υποδείγματα ως ανεξάρτητο κεφάλαιο της φυσικής, αλλά ως ένα θέμα στενότερα συνδεδεμένο με την εσωτερική δομή της ύλης.

Ο ηλεκτρισμός και η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, μετά τη δεκαετία του 1830, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα από τα σημεία αναφοράς της Επιστημονικής Επανάστασης. Η παραγωγή, ανά πάσα στιγμή και σε κάθε ποσότητα, ηλεκτρικού ρεύματος άνοιξε νέους ορίζοντες και πυροδότησε μία σειρά διαρκών ανακαλύψεων.

### Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα

Με τον όρο τηλεπικοινωνία αναφερόμαστε σε κάθε μέθοδο που μπορεί να μεταδώσει πληροφορίες μακρύτερα από εκεί που φτάνει συνήθως η ανθρώπινη φωνή.



Από την ευρύτατη αυτή έννοια εξαιρείται η μεταβίβαση γραπτών μηνυμάτων ή άλλων αντικειμένων (ταχυδρομείο) και περιλαμβάνονται μόνο τα οπτικά, ακουστικά, ηλεκτρικά και ηλεκτρομαγνητικά σήματα.

Η τηλεπικοινωνία προϋποθέτει μετάφραση της πληροφορίας σε ένα καθορισμένο κώδικα, μετάδοση του σήματος και ακόλουθη αποκωδικοποίησή του. Ο κώδικας που εφαρμόζεται πρέπει να είναι μονοσήμαντος, ώστε να επιτρέπει τη σωστή μετάφραση από τον παραλήπτη. Η μετάδοση των πληροφοριών γρήγορα και σε μεγάλες αποστάσεις αρχίζει από τα πρώτα στάδια του κοινωνικού βίου, με τα πρωτόγονα συστήματα ακουστικών (ταμ - ταμ) και οπτικών σημάνσεων (φωτιές, καπνοί, αντανάκλασεις ηλιακών ακτινών σε κάτοπτρα κλπ.).

Ένα σημαντικό βήμα στην εξέλιξη των τηλεπικοινωνιών έγινε με την επινοήση του οπτικού τηλεγράφου από τον Claude Chappe (1763 – 1805): ο τηλεγράφος αυτός αποτελείται από ένα σύστημα αξόνων, που ελέγχονται από σχοινιά και τροχαλίες και παίρνουν θέσεις αντίστοιχες με γράμματα του αλφαβήτου ή σε συμβατικά σήματα. Με τη χρήση του οπτικού τηλεγράφου του Chappe, το 1794, εξασφαλίστηκε η επικοινωνία Παρισιού – Lille, όπου το σήμα μεταβιβαζόταν μέσω δεκαέξι διαδοχικών σταθμών - ένας ανά δεκατέσσερα χλμ. - εφοδιασμένων με τηλεσκόπιο.



Σταθμός αποστολής-λήψης μηνυμάτων του οπτικού τηλεγράφου του Chappe.

Οι σύγχρονες εξελίξεις στις τηλεπικοινωνίες άρχισαν με την ανακάλυψη της στήλης του Volta και την χρήση του ηλεκτρισμού. Οι πρακτικές εφαρμογές των ηλεκτρομαγνητών οδήγησαν, τελικά στην κατασκευή του τηλεγράφου.

Η σύλληψη της πρώτης ιδέας για την ηλεκτρομαγνητική τηλεγραφία έγινε από τον Αμερικανό Samuel Morse, όταν το 1829, όταν κατά το ταξίδι της επιστροφής του από την Ευρώπη στη Νέα Υόρκη, παρακολούθησε ορισμένα ηλεκτρομαγνητικά πειράματα που έγιναν στο πλοίο.

Υστερα από διαδοχικές επινοήσεις και τελειοποιήσεις αλλά και ορισμένες ανεπιτυχείς προσπάθειες, ο Morse κατέληξε στη συσκευή και το σύστημα Morse, τα οποία και παρουσίασε το 1833 στο πανεπιστήμιο της Νέας Υόρκης, αλλά μόνο το 1840 κατάφερε να πάρει δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την εφεύρεσή του. Η πρώτη γραμμή τηλεπικοινωνίας, βασισμένη στο σύστημα του Morse, λειτούργησε το 1844 μεταξύ Ουάσιγκτον και Βαλτιμόρης. Παράλληλα με τον τηλεγράφο, ο Morse ανακάλυψε και το αλφάβητο που φέρει το όνομά του, το οποίο αποτελείται από στίγματα και γραμμές, που κάνουν δυνατή την τηλεγραφική μετάδοση μηνυμάτων.

**Αλφάβητο Morse.** Το αλφάβητο Morse επινοήθηκε από τον Samuel Morse το 1835 και υιοθετήθηκε από όλες τις χώρες για την τηλεγραφική επικοινωνία. Αποτελείται από στιγμές και γραμμές που χωρίζονται με διάκενα. Οι γραμμές έχουν μήκος τριπλάσιο από τις στιγμές ενώ τα διάκενα δεν έχουν σταθερό μήκος. Το μήκος των διάκενων αυξάνει ανάλογα με το αν χωρίζουν στοιχεία ενός γράμματος, ή γράμματα μιας λέξης, ή λέξεις μιας φράσης.

Το σύστημα Morse, αλλά και το ομώνυμο αλφάβητο, χρησιμοποιείται ακόμα για την πρακτική του ασφάλεια και την απλότητα της λειτουργίας του.

## International Morse Code

1. A dash is equal to three dots.
2. The space between parts of the same letter is equal to one dot.
3. The space between two letters is equal to three dots.
4. The space between two words is equal to seven dots.

A	• —	U	• • —
B	— • • •	V	• • • —
C	— • — •	W	• — —
D	— • •	X	— • • —
E	•	Y	— • — —
F	• • — •	Z	— — • •
G	— — •		
H	• • • •		
I	• •		
J	• — — —		
K	— • —	1	• — — — —
L	• — • •	2	• • — — —
M	— —	3	• • • — —
N	— •	4	• • • • —
O	— — —	5	• • • • •
P	• — — •	6	— • • • •
Q	— — • —	7	— — • • •
R	• — •	8	— — — • •
S	• • •	9	— — — — •
T	—	0	— — — — —

Το 1855 εμφανίστηκαν οι πρώτες συσκευές τηλέτυπου ή αλλιώς οι λεγόμενοι τυπωτικοί τηλέγραφοι. Το τηλέτυπο είναι μία συσκευή για μεταβίβαση και λήψη μηνυμάτων με όχι κωδικοποιημένη μορφή που επιτρέπει την ανταλλαγή γραπτών μηνυμάτων.

Το τηλέτυπο βασίζεται στον πλήρη συγχρονισμό των κινήσεων δύο ηλεκτρομηχανικών συσκευών που έχουν εγκατασταθεί αντίστοιχα στο σταθμό μεταβίβασης και στο σταθμό λήψης. Ο αρχικός τύπος τηλέτυπου βελτιώθηκε σημαντικά και είναι τώρα εφοδιασμένος με ένα πληκτρολόγιο όμοιο με εκείνο των γραφομηχανών. Τα γράμματα αποτυπώνονται πάνω σε μία χάρτινη ταινία ή σε ένα φύλλο χαρτιού. Σχεδόν κάθε τηλέτυπος είναι εφοδιασμένος και με μία συσκευή για την αυτόματη μεταβίβασή του. Γενικά τα νωρίτερα τηλέτυπα, χάρη στις προόδους της τεχνικής, δεν είναι πια ενός μόνο τύπου.

Η πρόοδος συνεχίστηκε ραγδαία με την πρακτική εφαρμογή του τηλεφώνου, του οποίου εφευρέτης θεωρείται ο Alexander Graham Bell (1876). Στην πραγματικότητα υπήρξαν πολλοί ερευνητές που διεξήγαγαν πρωτοποριακά πειράματα για τη μετάδοση της φωνής μέσω καλωδίων και στην ουσία ο καθένας από αυτούς βελτίωνε τις ιδέες του άλλου. Ο Innocenzo Manzetti, ο Antonio Meucci, ο Johann Philipp Reis και η Elisha Gray είναι μερικοί από τους εφευρέτες που διενεργούσαν πειραματικές εργασίες και δοκιμές – μερικές από τις οποίες είχαν, αν και μέτρια, επιτυχία - οι οποίες κατέληξαν στην εφεύρεση του τηλεφώνου από τον Bell.

Το επόμενο βήμα στις τηλεπικοινωνίες ήταν η αποστολή μηνυμάτων από έναν πομπό και η λήψη του σήματος από πολλαπλούς δέκτες ή αλλιώς το ραδιόφωνο. Στην εξέλιξη του ραδιοφώνου μπορούμε να διακρίνουμε τρεις φάσεις:

- ✓ Ηλεκτρομαγνητικά κύματα και πειραματισμός
- ✓ Ασύρματη επικοινωνία και τεχνική ανάπτυξη

✓ **Ραδιοφωνική μετάδοση και εμπορευματοποίηση του ραδιοφώνου**

Το ραδιόφωνο δεν μπορεί να κατοχυρωθεί στο όνομα κάποιου συγκεκριμένου ερευνητή ως δική του εφεύρεση, αφού στην ανάπτυξή του συνεισέφεραν με τις ιδέες και την εργασία τους πολλά άτομα. Η όλη του ανάπτυξη, από την αρχική ιδέα και τον πειραματισμό μέχρι την εξέλιξή του σε εμπορικό είδος, εκτείνεται σε πολλές δεκαετίες. Την αρχή θα μπορούσαμε να πούμε ότι έκανε ο Nicola Tesla στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα φτιάχνοντας διάφορες συσκευές προκειμένου να τις χρησιμοποιήσει για τα δικά του πειράματα. Το πρώτο ραδιόφωνο, αν και δεν μπορούσε να μεταδώσει ήχο ή φωνή παρά μόνο ραδιοφωνικά σήματα, ονομάστηκε «ασύρματος τηλεγράφος». Η πρώτη δημόσια παρουσίαση του ασύρματος τηλεγράφου έγινε σε αμφιθέατρο του μουσείου Φυσικής Ιστορίας του Πανεπιστημίου του Oxford στις 14 Αυγούστου του 1894 από τους καθηγητές Oliver Lodge και Alexander Muirhead. Ο πρώτος ραδιοφωνικός δέκτης φτιάχτηκε από τον Alexander Stepanovich Popov το 1895 σε μια προσπάθεια για την αναπαραγωγή των πειραμάτων του Lodge.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μελετήθηκαν συστηματικά σε βελτιωμένες πρακτικές εφαρμογές που οδήγησαν στην τηλεόραση.

### **Σιδηρόδρομοι**

Σιδηρόδρομος θεωρείται το όχημα ή ο συρμός που κινείται πάνω σε οδό στρωμένη με σιδηροτροχιές και, κατ' επέκταση, ολόκληρο το μεταφορικό σύστημα που βασίζεται σε αυτές, δηλαδή το κινητό υλικό, οι εγκαταστάσεις γραμμών, σταθμών και τα έργα υποδομής για την εκτέλεση εκτεταμένου έργου διακίνησης επιβατών και εμπορευμάτων.

Ο χρόνος γέννησης του σιδηροδρόμου δεν είναι δυνατό να καθοριστεί ακριβώς, γιατί η ιστορία του αρχίζει από την εποχή της σιδηροτροχιάς (ορυχεία κλπ.) και προχωρεί στην εξέλιξη της μηχανικής έλξης και ειδικότερα της ατμομηχανής με την οποία ταυτίστηκε.

Η εμφάνιση των κυρίως σιδηροδρόμων αρχίζει το 18<sup>ο</sup> αιώνα με τη χρησιμοποίηση της ατμάμαξας, η οποία μετέτρεπε σε μηχανική έλξη το έργο της



Φωτογραφία ατμάμαξας

σταθερής ατμομηχανής του Watt. Έπειτα από πολλά πειράματα, ο Άγγλος μηχανικός Richard Trevythick (1771- 1833) και ο συμπατριώτης του Andrew Vivian έλαβαν το 1802 δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για μία ατμάμαξα που έτρεχε σε σιδηροτροχιές. Το 1804, ο Trevythick κίνησε τον πρώτο σιδηροδρομικό συρμό στη σιδηροτροχιά του Merthyr στην Νότια Ουαλία · ένας συρμός 14 τόνων (πέντε βαγόνια με πέντε τόνους

ορυκτών και εβδομήντα άτομα) εκτέλεσε διαδρομή 16 χλμ. με ταχύτητα 8 χλμ./ώρα. Η ατμάμαξα του Trevythick είχε ένα λέβητα με εσωτερική εστία, έναν οριζόντιο κύλινδρο και έναν προθερμαντήρα του νερού τροφοδοσίας. Τα πρώτα αποτελέσματα παρακίνησαν πολλούς να πραγματοποιήσουν σημαντικές πειραματικές δοκιμές, ως προς το μηχανισμό έλξης, την πρόσφυση των τροχών στις σιδηροτροχιές κλπ. Το 1814, ο George Stephenson ( 1781 – 1848 ), αρχιμηχανικός των ορυχείων του Killingworth, άρχισε να κατασκευάζει την πρώτη ατμάμαξα με δύο άξονες, η οποία ανέπτυξε ισχύ ικανή να έλξει συρμό 30 τόνων με ωριαία ταχύτητα 6 χλμ. Το επόμενο έτος (1815) ο Stephenson υιοθέτησε τον ελκυσμό με ατμό εκροής, εισάγοντας στη βάση της εστίας την έξοδο του ατμού εκροής. Οι επιτυχίες αυτές έπεισαν το βιομήχανο Eduard Pease ( 1767 – 1858 ) να αποφασίσει την κατασκευή της σιδηροδρομικής γραμμής, που σύνδεσε τα ορυχεία του Darlington με το λιμάνι

Stockton: το έργο εγκαινιάστηκε το 1825 και ο ίδιος ο Stephenson οδήγησε το συρμό, ο οποίος ανέπτυξε ανώτατη ταχύτητα τα 20 χλμ. την ώρα ἡ μέση, όμως, ταχύτητα ήταν πολύ χαμηλή, γιατί ο λέβητας του τύπου Κορνουάλη, με ένα μεγάλο μοναδικό βραστήρα, επέτρεπε πολύ χαμηλή ατμοποίηση και περιόριζε σημαντικά την ισχύ. Ο Γάλλος μηχανικός Marc Schegen ( 1786 – 1875 ) επινόησε τον αυλοφόρο λέβητα, στον οποίο η επιφάνεια θέρμανσης πολλαπλασιάζεται, επειδή ο θερμός αέρας, που προέρχεται από την καύση, υποχρεώνεται να περάσει από σειρά αυλών βυθισμένων στο νερό του λέβητα. Με τη χρήση του αυλοφόρου λέβητα στην ατμομηχανή The Rocket, ο Stephenson κατάκτησε, το 1829, το ρεκόρ ταχύτητας με 32 χλμ. την ώρα και η τεχνική του εφαρμόστηκε στη γραμμή Λίβερπουλ – Μάντσεστερ, που εγκαινιάστηκε το 1830. Το παράδειγμα της Μ. Βρετανίας ακολούθησαν και άλλα ευρωπαϊκά κράτη και οι Η.Π.Α.

Η μεγάλη ανάπτυξη των σιδηροδρόμων αντιμετώπισε μεγάλα τεχνικά και οικονομικά προβλήματα, όπως είναι η διάνοιξη διαβάσεων μέσα σε ορεινούς όγκους. Το 1855 εγκαινιάστηκε στην Αυστρία ο πρώτος ορεινός σιδηρόδρομος (41 χλμ.) με μέγιστες κλίσεις 2,5% και μία σήραγγα 1430 μέτρων. Το 1854 λειτούργησε η γραμμή Τορίνο – Γένουα με κλίσεις 3,6 % στα όρη Γιονί και μία σήραγγα 3.260 μέτρων, τη μεγαλύτερη του κόσμου εκείνη την εποχή.

Η μεγάλη επέκταση του σιδηροδρόμου πραγματοποιήθηκε σε όλο τον κόσμο κατά την περίοδο 1860 – 1910. Οι σημαντικότερες τελειοποιήσεις, από τεχνική άποψη, του σιδηροδρόμου πραγματοποιήθηκαν από την εφαρμογή της ηλεκτρικής έλξης και της έλξης με μηχανή Ντίζελ. Η πρώτη εφαρμογή της ηλεκτρικής έλξης έγινε στο Βερολίνο, το 1879, με την ευκαιρία της διεθνούς έκθεσης και ο τρόπος αυτός αναπτύχθηκε γρήγορα και ιδιαίτερα σε χώρες φτωχές σε άνθρακα. Αν και η εμφάνιση των αυτοκινήτων, και αργότερα των αεροπλάνων, μείωσαν αισθητά το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των σιδηροδρόμων, κάθε άλλο παρά ξεπερασμένο μέσο μεταφοράς μπορούν να χαρακτηριστούν. Απόδειξη της χρησιμότητας των σιδηροδρόμων είναι οι τεχνικές προσπάθειες που καταβάλλονται και τα μεγάλα σχέδια ανανέωσης που εξελίσσονται σήμερα σε όλο τον κόσμο.

### **Η «Επιστήμη» στην Καθημερινότητα**

Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα, της Αναγέννησης και γενικότερα καθ' όλη τη διάρκεια της Επιστημονικής Επανάστασης η ζωή των ανθρώπων επηρεάστηκε δριμύτητα από τις επιστημονικές εξελίξεις. Δεν ήταν όμως μόνο αυτά τα τρανταχτά παραδείγματα προόδων που επηρέαζαν την καθημερινότητά τους· η εισαγωγή του τροχοφόρου αρότρου, το σιδερένιο υνί και η χρήση του, η δημιουργία των φραγμάτων στις Κάτω Χώρες αλλά και η εκτεταμένη χρήση του αλόγου όχι μόνο για μεταφορικούς λόγους ήταν ιδέες που διατυπώθηκαν και εφαρμόστηκαν κατά τη διάρκεια του 10<sup>ου</sup> αιώνα.

Ένας παράγοντας ακόμη για την διευκόλυνση της καθημερινής ζωής υπήρξε η ιδέα και η απόφαση του ανθρώπου να χρησιμοποιήσει τα ζώα, όπως το άλογο και το βόδι, ως κινητήριες δυνάμεις. Σειρά μετά, είχε η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας και του νερού για την ίδια χρήση. Με τη βοήθεια των νερόμυλων και των ανεμόμυλων έγινε δυνατή η εκμετάλλευση των αντίστοιχων κινητήριων δυνάμεων.



Ανεμόμυλος

Με το πέρασμα των χρόνων γίνονται ευκολότερα και τα ταξίδια. Η επαφή με διαφορετικούς πολιτισμούς εμπλουτίζει τις γνώσεις, και έτσι από την Ανατολή η Ευρώπη μαθαίνει για την πυξίδα, γνωρίζει το χαρτί και οικειοποιείται το μετάξι και την πυρίτιδα. Οι νέες γνώσεις οδηγούν σε νέα

επιτεύγματα. Οι πυξίδες και η παράλληλη πρόοδος που γίνεται στην αστρονομία, δίνουν νέα όψη στα ταξίδια, τόσο χερσαία όσο και θαλάσσια. Καταρτίζονται ακριβέστεροι χάρτες και οι πορείες όλων χαράσσονται με μεγαλύτερη ακρίβεια και ασφάλεια. Και ενώ η εξοικείωση με τα παραδοσιακά πλέον μέσα είναι δεδομένη εμφανίστηκαν και οι πρώτες πτητικές μηχανές, και παρότι η ιδέα της αεροπλοΐας φαντάζει εξωπραγματική το αερόστατο κάνει την εμφάνισή του.

Η εκμετάλλευση των νέων γνώσεων δε χρησιμοποιήθηκε πάντα σωστά. Η ίδια ιδέα, η ίδια ανακάλυψη μπορεί να έχει συχνά δύο όψεις: από την Ανατολή ήρθε στην Ευρώπη η πυρίτιδα, και ενώ οι Κινέζοι χρησιμοποιούσαν για αιώνες την εύφλεκτη αυτή ύλη για την ψυχαγωγία τους και τη δημιουργία πυροτεχνημάτων, οι Ευρωπαίοι εκμεταλλεζόμενοι αυτή και τις γνώσεις τους στη μεταλλουργία δημιούργησαν τα πρώτα όπλα.

Και όλα αυτά, είναι μόνο λίγα από τα παραδείγματα που μπορούν να δοθούν προς απόδειξη της καθημερινής προόδου, σε μια εποχή με αναρίθμητα μικρά και μεγάλα επιτεύγματα.



## Ερμηνεία Επιστημονικών Εξελίξεων

Όλες αυτές οι επιστημονικές εξελίξεις έχουν αντιμετωπιστεί ως θέματα που χρήζουν ερμηνείας. Όσοι έχουν κατά καιρούς καταπιαστεί με τον προβληματισμό αυτό, δηλώνουν με βεβαιότητα πως κανένα από τα επιστημονικά επιτεύγματα δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί μεμονωμένο· οι ιστορικές αλλαγές που έλαβαν χώρα παράλληλα με την περίοδο της Επιστημονικής Επανάστασης είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με αυτή καθώς επηρεάστηκαν και την επηρέασαν δριμύτητα.

Η όψη του Κόσμου, η μελέτη των Ουρανών, η κίνηση των αστερών και των πλανητών, απασχόλησε από πολύ νωρίς τον ανθρώπινο νου. Από την αρχαιότητα ακόμα, στοχαστές και φιλόσοφοι ανά τον κόσμο, προσπάθησαν να καταγράψουν και να ερμηνεύσουν τη λογική της δομής του Κόσμου. Οι αρχαίοι Έλληνες, ένας από τους λαούς αυτούς, θέσπισαν τη μελέτη αυτή ως επιστήμη και τότε γεννήθηκε η αστρονομία.

Παρά την απουσία τεχνικών μέσων και έχοντας ως μόνο εφόδιο τον «γυμνό οφθαλμό» οι αρχαίοι μας άφησαν μία σημαντική κληρονομιά γνώσεων και εκτιμήσεων. Όσα κατέγραψαν, δεν ήταν όλα ορθά. Ο μέγας Αριστοτέλης παρά τη σωστή του εκτίμηση για τη σφαιρικότητα της γης ήταν πιστός οπαδός και υποστηρικτής της θεωρίας που ήθελε τη γη να είναι το κέντρο του κόσμου και κάθε ουράνιο σώμα να κινείται γύρω από αυτή. Διαχώρισε τους Ουρανούς σε δύο επίπεδα· το ένα περιέκλειε τα ουράνια σώματα που βρίσκονταν στα όρια της σφαίρας με κέντρο τη γη και ακτίνα που εκτείνεται ως τη Σελήνη, και η θέση καθώς και η υλική τους υπόσταση μεταβαλλόταν. Το άλλο επίπεδο, αυτό πέρα από τη Σελήνη, ήταν αιώνιο και αμετάβλητο και αποτελούσε απλά το φόντο της πλανητικής δράσης.

Μετά τον Αριστοτέλη, οι περισσότεροι φιλόσοφοι ακολούθησαν πιστά τις διδασκαλίες του. Παρότι οι περισσότερες επιστημονικές και φιλοσοφικές αντιλήψεις του Αριστοτέλη είναι σήμερα ξεπερασμένες, είναι γεγονός πως ο ίδιος κατάφερε να διαμορφώσει οικουμενικά την επιστημονική σκέψη, σε ποικίλα επιστημονικά πεδία, για πολλούς από τους επόμενους αιώνες.

<b>Αποκλίσεις του Αριστοτέλη από σύγχρονες αντιλήψεις</b>	
Τα σώματα πέφτουν στη γη με ταχύτητα ανάλογη του βάρους τους	Τα σώματα πέφτουν στο κενό με ίδια ταχύτητα, ανεξάρτητα από το βάρος τους
Για να κινηθεί ένα σώμα απαιτείται η ύπαρξη αέρα	Η κίνηση των σωμάτων είναι ανεξάρτητη του περιβάλλοντος αέρα
Τα αποδημητικά πουλιά κρύβονται το χειμώνα στα νερά των βάλτων	Τα αποδημητικά πουλιά, μεταναστεύουν ετησίως σε θερμότερα κλίματα
Κυρτά μήκη δεν αποδίδονται με μήκη ευθύγραμμων τμημάτων	Οποιοδήποτε συνεχές μήκος μπορεί να αποδοθεί με ευθύγραμμα τμήματα

Η ορθότητα της αστρονομίας του Αριστοτέλη θεωρούνταν δεδομένη για εκατονταετίες μετά, οι άνθρωποι δεν έπαψαν όμως ποτέ να στρέφουν το βλέμμα τους στον ουρανό, προσπαθώντας να κατανοήσουν αυτό που αντίκριζαν. Η ανατροπή, ή έστω αρχικά η αντίρρηση, στα λεγόμενα του Αριστοτέλη, θα σηματοδοτούσε την έναρξη της Επιστημονικής Επανάστασης.

Κατά την Επιστημονική Επανάσταση δεν ανατράπηκαν οι πεποιθήσεις μόνο για τα δεδομένα της αστρονομίας, ήταν όμως η πρώτη επιστήμη που επηρεάστηκε και άλλαξε συθέμελα σε μία σειρά αλυσιδωτών εξελίξεων.

Η φλόγα της Επιστημονικής Επανάστασης άναψε από τον Νικόλαο Κοπέρνικο. Η δημοσίευση της πεποίθησης του πως ο κόσμος μας κάθε άλλο παρά γεωκεντρικός ήταν, αποτέλεσε το πρώτο χτύπημα των θεμελίων της τότε επιστημονικής λογικής και ταυτόχρονα τον πρώτο λίθο στο οικοδόμημα της σύγχρονης επιστήμης. Η αμφισβήτηση του γεωκεντρισμού μπορεί σήμερα να αντιμετωπίζεται σαν φυσικό επόμενο, γνωρίζοντας την ηλιοκεντρική εικόνα του κόσμου, μα την εποχή του Κοπέρνικου ήταν κάτι το αδιανόητο. Δεν ήταν μόνο μία νέα επιστημονική θεωρία, ήταν η αμφισβήτηση των λεγομένων του Αριστοτέλη και κατ' επέκταση του εκκλησιαστικού καθεστώτος.

*«Χρέος έχουμε να θεωρήσουμε το Θεό πνεύμα πανίσχυρο, αθάνατο και τέλειο. Γιατί αν και αόρατος για τα μάτια των ανθρώπων, φανερώνεται με τα έργα του.»*  
*Αριστοτέλης*

Η Εκκλησία υπήρξε πάντοτε ένας σημαντικός παράγοντας στην πορεία της εξέλιξης των επιστημών. Ο ρόλος της ήταν συχνά καθοριστικός, χωρίς απαραίτητα να είναι και θετικός για την πρόοδο της εκάστοτε επιστήμης. Είδαμε πως οι θεωρίες του Αριστοτέλη άργησαν πολύ να ανατραπούν, αν και δεν ήταν μόνο εξαιτίας της έλλειψης κατάλληλων μέσων ή της υστεροφημίας του. Η Εκκλησία υποστήριζε τον Αριστοτέλη γιατί πολλά από τα όσα υποστήριζε η θρησκευτική παράδοση συμφωνούσαν με τον Έλληνα φιλόσοφο. Προωθούσε τις αστρονομικές έρευνες προκειμένου να γίνει δυνατή η κατάρτιση ακριβέστερων ημερολογίων, δεν έκανε όμως όλες τις νέες θεωρίες αποδεκτές. Αν αποδεικνυόταν πως ο Αριστοτέλης είχε κάνει λάθος, τότε θα αμφισβητούνταν και το αλάθητο της Καθολικής Εκκλησίας, η πίστη του λαού θα αποδυναμωνόταν και η παντοδυναμία της θα κλονιζόταν.

Παρά τις απειλές, τις καταδίκες και τους αφορισμούς, και παρά τη μεγάλη καθυστέρηση, η αλήθεια ήρθε στο φως. Τη διατύπωσε ο Κοπέρνικος, την υποστήριξε ο Γαλιλαίος, τη βελτίωσε ο Kepler, την αποδέχτηκε ο Newton. Οι δύο πρώτοι κυνηγήθηκαν από την Εκκλησία, ο Γαλιλαίος δε, καταδικάστηκε για όλη του τη ζωή σε κατ' οίκον περιορισμό και σπιλώθηκε με το χαρακτηρισμό του αιρετικού, που δεν αναιρέθηκε από την Καθολική Εκκλησία, επίσημα, παρά μόνο τον Οκτώβριο του 1992.

Η πρόοδος της αστρονομίας δεν ήρθε μόνη της. Η αστρονομία είναι εκ φύσεως συνδεδεμένη με τη φυσική και τα μαθηματικά. Η ανάλυση της κίνησης των σωμάτων και του αιτίου για την κίνησή τους είχε ξεκινήσει από τον Μεσαίωνα ακόμα, από άραβες μελετητές. Και τη μελέτη της κίνησης των σωμάτων στη γη, ακολούθησε η μελέτη της κίνησης των σωμάτων στους Ουρανούς. Πως κινούνται οι πλανήτες; Σε τι τροχιά και με τι ταχύτητα; Μπορούν να προβλεφθούν οι μελλοντικές θέσεις των ουράνιων σωμάτων με μεγαλύτερη ακρίβεια; Όλα αυτά τα ερωτήματα απαντήθηκαν σιγά – σιγά με την προσφορά μεγάλων επιστημόνων. Οι τρεις νόμοι του Kepler μπορούσαν να περιγράψουν με αρκετή ακρίβεια τις κινήσεις των πλανητών. Ο Γαλιλαίος με το τηλεσκόπιό του κατέρριψε τις θεωρίες για την τελειότητα των ουράνιων σωμάτων, μίλησε για το νόμο της αδράνειας και την αρμονική ταλάντωση του εκκρεμούς και ήταν επίσης αυτός που θέσπισε την πειραματική μέθοδο προκειμένου να διατυπωθούν νέοι νόμοι. Δεν είναι άλλωστε τυχαίο που σύγχρονοί μας φυσικοί, όπως ο Α. Einstein και ο S. Hawking, αναγνωρίζουν στο πρόσωπό του τον πατέρα της σύγχρονης επιστήμης.

Και ενώ ο Γαλιλαίος άφηνε την τελευταία του πνοή, ένας άλλος ιδιοφυής νους γεννιόταν. Ο Newton, αν και τα περισσότερα χρόνια της ζωής του ασχολήθηκε με την οπτική, έμεινε στην ιστορία για το νόμο του για τη βαρύτητα και την παγκόσμια έλξη και για την Κλασική Μηχανική του. Τα επιτεύγματα του Newton δεν περιορίστηκαν στην καθαρή φυσική. Ο Newton έδωσε ένα είδος απόδειξης των νόμων του Kepler, δείχνοντας πως αυτοί θα μπορούσαν να προκύψουν με μαθηματικό τρόπο, ενώ μαζί με το ν Leibniz μας άφησαν το κληροδότημα του απειροστικού ή διαφορικού λογισμού.

Ο Αριστοτέλης υπήρξε αναμφισβήτητα ένα πρόσωπο με πνευματικό βεληνεκές από τα λίγα. Ασχολήθηκε με κάθε προσβάσιμη για την εποχή του γνώση, και οι μελέτες του αντιμετώπιζονταν για πολλούς αιώνες ως αξιώματα στον επιστημονικό κόσμο. Αν και ίσως υστερόβουλα, η Καθολική Εκκλησία του είχε αναγνωρίσει ένα είδος αλάθητου. Η αυθεντία του Αριστοτέλη υπήρξε τόσο αναγνωρίσιμη που ίσως τελικά να στάθηκε εμπόδιο για πολύ καιρό στην πρόοδο των επιστημών. Η διάνοια του Αριστοτέλη, όπως και του Newton αρκετούς αιώνες αργότερα, κάθε άλλο παρά προέτρεπε τους επόμενους φιλόσοφους ή μαθηματικούς να συνεχίσουν το έργο τους. Το κύρος του ονόματός τους απέτρεψε πολλούς από το να αμφισβητήσουν τις θεωρίες τους. Οι ίδιοι δεν έκαναν απλά βήματα, αλλά τεράστια άλματα προόδου με τις θεωρίες και τις ανακαλύψεις τους, με αποτέλεσμα οι επόμενες γενιές να αποθαρρύνονται από το να προσπαθήσουν για κάτι περισσότερο. Στην περίπτωση του πρώτου για παράδειγμα, θεωρήθηκε πως, ότι μπορούσε κανείς να μάθει για τον Κόσμο ήταν ήδη γνωστό και τις λίγες φορές που ακούστηκαν απόψεις που έρχονταν σε αντίθεση με αυτές του Αριστοτέλη, καταπνίγηκαν θεωρούμενες παράλογες. Στην περίπτωση του δεύτερου, τα αίτια για την παρακώλυση των γεγονότων ήταν διαφορετικά, τα αποτελέσματα σχεδόν τα ίδια. Κανείς επιστήμονας δεν τολμούσε να εμπλακεί με αντικείμενα με τα οποία είχε καταπιαστεί ο Newton. Δεν ήταν η αντίληψη πως ο Newton είχε ολοκληρώσει κάποιο κύκλο γνώσεων όπως πίστεψαν κάποτε για τον Αριστοτέλη, ο Newton είχε κάνει τόσα βήματα μπροστά, που κάθε νέα προσπάθεια θα μπορούσε εύκολα να βρεθεί στη σκιά του λαμπρού αυτού μυαλού. Ένα όμως από τα σημαντικότερα δώρα που άφησε η Επιστημονική Επανάσταση ήταν η προώθηση των ερευνών, η προτροπή για την εφαρμογή νέων ιδεών, το δικαίωμα στην αμφισβήτηση των δεδομένων, η προσπάθεια για εξέλιξη και η ενίσχυση του πλούτου της γνώσης.

Ο Αριστοτέλης θεωρείται ο μεγαλύτερος συστηματικός μελετητής στην ιστορία του παγκόσμιου πολιτισμού. Το έργο του αποτελεί ένα ολοκληρωμένο, κλειστό, οικουμενικό σύστημα έρευνας και διδασκαλίας που αν και τα συμπεράσματά του αποδείχτηκαν λανθασμένα στις περισσότερες περιπτώσεις, άργησαν πολύ να ανατραπούν. Η ζωολογία του, με τη θέση περί αμεταβλητότητας των ειδών, αντικαταστάθηκε από τη θεωρία της εξέλιξης του Δαρβίνου. Η Λογική του Αριστοτέλη, την οποία ο ίδιος αντιλαμβανόταν ως τμήμα της Ρητορικής, έχει υποκατασταθεί στην επιστήμη από την μαθηματική λογική των Russel και Whitehead. Η Ψυχολογία του, ξεπεράστηκε 2300 χρόνια μετά, με την εισαγωγή της ψυχανάλυσης για θεραπευτικούς και άλλους σκοπούς του Freud. Η Φυσική του Αριστοτέλη και οι απόψεις του για την κίνηση των σωμάτων, τα τέσσερα θεμελιώδη στοιχεία της φύσης (φωτιά, γη, νερό, αέρας), το χώρο, το χρόνο και το άπειρο ξεπεράστηκαν την εποχή του Γαλιλαίου και αργότερα του Newton και του Laplace.

Οι ανακαλύψεις δε γίνονταν όμως πάντα εξαιτίας στοχευμένων ερευνών ή καθαρά τυχαίων γεγονότων. Τα θεωρητικά προβλήματα της ατμομηχανής οδήγησαν τον ιδιοφυή Sadi Carnot το 1824 στην πιο βασική φυσική σύλληψη του 19<sup>ου</sup> αιώνα, τους δύο νόμους της θερμοδυναμικής, «*Reflaxions sur la poissance motrice du feu*»,

ωστόσο η ανακάλυψη του πρώτου νόμου δημοσιεύτηκε πολύ αργότερα, μολονότι δεν ήταν η πρώτη προσέγγιση του προβλήματος. Είναι αναμφισβήτητο ότι η μεγάλη πρόοδος της γεωλογίας και της παλαιοντολογίας όφειλε πάρα πολλά στο ζήλο με τον οποίο οι μηχανικοί και οι οικοδόμοι διαμέλιζαν τη γη, καθώς και στη μεγάλη σημασία της μετάλλευσης. Δεν ήταν τυχαίο ότι η Βρετανία έγινε η κατεξοχήν γεωλογική χώρα και ίδρυσε εθνική Γεωλογική Επιθεώρηση το 1836. Η Υπηρεσία ορυκτών πόρων πρόσφερε στους χημικούς αναρίθμητες ανόργανες ενώσεις για ανάλυση. Η μετάλλευση, η κεραμική, η μεταλλουργία, η κλωστοϋφαντουργία, οι νέες βιομηχανίες φωταερίου και χημικών, καθώς και η γεωργία ενθάρρυναν τις εργασίες τους. Και ο ενθουσιασμός ορισμένων Βρετανών αστών και αριστοκρατών, όχι απλώς για τις εφαρμοσμένες επιστήμες αλλά και για τολμηρά άλματα στον τομέα των γνώσεων, που η ίδια η κατεστημένη επιστήμη απέφυγε, είναι επαρκής απόδειξη ότι το κομμάτι αυτό της προόδου της Επιστημονικής Επανάστασης κατά τη δεδομένη περίοδο δεν μπορεί να διαχωριστεί από τα εναύσματα της Βιομηχανικής Επανάστασης.

Αντίστοιχα, η Γαλλική Επανάσταση έπαιξε το δικό της ρόλο με εξίσου δυναμικές επιπτώσεις στα επιστημονικά δρώμενα. Η επιστήμη αντιμετώπιζόταν με ανοιχτή, ή στην καλύτερη περίπτωση συγκαλυμμένη, εχθρότητα από τους πολιτικά συντηρητικούς ή μετριοπαθείς που τη θεωρούσαν φυσική συνέπεια της υπονομευτικής προσπάθειας του υλισμού και του ορθολογισμού του 18<sup>ου</sup> αιώνα.

Η ήττα του Ναπολέοντα έφερε ένα κύμα σκοταδισμού. Έκτοτε συνεχίστηκε μια αδιάκοπη πάλη ανάμεσα στη φιλοεπιστημονική και αντικληρική αριστερά που, στις σπάνιες στιγμές της νίκης της, κατάφερε να εγκαθιδρύσει τους περισσότερους θεσμούς που επέτρεψαν στους Γάλλους επιστήμονες να συνεχίζουν αναπόσπαστοι τη δουλειά τους ακόμη και όταν η αντιεπιστημονική δεξιά έκανε τα πάντα για να τους αποδυναμώσει. Το γεγονός αυτό όμως δε κάνει αυτομάτως επαναστάτη κάθε ενεργό επιστήμονα της περιόδου, είτε αυτός δρούσε στη Γαλλία είτε οπουδήποτε αλλού. Μερικοί από αυτούς, ωστόσο, κέρδισαν επάξια αυτό το χαρακτηρισμό. Ο Evariste Galois, ρίχτηκε στα οδοφράγματα το 1830, κυνηγήθηκε ως επαναστάτης και σκοτώθηκε σε μονομαχία σε ηλικία 21 ετών το 1832. Γενεές ολόκληρες μαθηματικών, τράφηκαν αργότερα με τις ιδέες που κατέγραψε πυρετωδώς γνωρίζοντας πως είχε φτάσει η τελευταία του νύχτα. Άλλοι ήταν ανοιχτά αντιδραστικοί, όπως για παράδειγμα ο Cauchy, που παρότι άνηκε στην μαχητικά αντιμοναρχική Ecole Polytechnique, ο ίδιος ήταν οπαδός της μοναρχικής νομιμότητας. Πιθανολογείται πως οι περισσότεροι επιστήμονες θεωρούσαν ότι ανήκαν στην αριστερά του κέντρου κατά τη μεταναπολεόντεια περίοδο, και μερικοί, ιδίως σε νέα έθνη ή απολιτικές έως τότε κοινότητες, αναγκάστηκαν να καταλάβουν θέσεις πολιτικής ηγεσίας, ιδίως οι ιστορικοί, οι γλωσσολόγοι καθώς και κάποιοι που διατηρούσαν διασυνδέσεις με τα εθνικά κινήματα. Ο Palacky έγινε ο κύριος εκπρόσωπος των Τσέχων το 1848, οι επτά καθηγητές του Gottingen που υπέγραψαν μία επιστολή διαμαρτυρίας το 1837 θεωρήθηκαν εθνικές προσωπικότητες – ανάμεσα σε αυτούς συγκαταλέγονταν και οι αδερφοί Grimm, και το κοινοβούλιο της Φραγκφούρτης στη Γερμανική Επανάσταση του 1848 ήταν διαβόητο ως συνέλευση καθηγητών και άλλων δημοσίων υπαλλήλων. Παρόλα αυτά, οι επιστήμονες της εποχής έδειχναν πολύ χαμηλό βαθμό πολιτικής συνειδητοποίησης σε σύγκριση με τους καλλιτέχνες και τους φιλοσόφους. Οι επιστήμονες στις μη καθολικές χώρες, για παράδειγμα, σε αντίθεση με τους επιστήμονες – επαναστάτες, έδειχναν την ικανότητα να συνδυάζουν την επιστήμη με μία ήρεμη θρησκευτική ορθοδοξία.

Οι άμεσες αυτές συνέπειες συμβάλλουν στην ερμηνεία κάποιων στοιχείων των επιστημονικών εξελίξεων ανάμεσα στο 1789 και στο 1848, αλλά δεν μπορούν να

σχηματίσουν μία πλήρη εικόνα. Την περίοδο αυτή ο κόσμος άλλαζε με γοργούς ρυθμούς και σίγουρα όχι μόνο επιφανειακά. Οι ριζικές αλλαγές της εποχής μπορούσαν να επηρεάσουν κάθε σκεπτόμενο άτομο δίνοντάς του πολυπληθή πνευματικά ερεθίσματα. Οι κοινωνικές αλλαγές έδωσαν πνοή σε νέες μορφές σκέψης, που έγιναν άμεσα αποδεκτές και οι ριζοσπαστικές εθνολογικές καινοτομίες αντικαθιστούσαν συστηματικά τους εθιμικούς και παραδοσιακούς θεσμούς.

Μία σύνδεση της επανάστασης αυτής, με την αντικειμενική της υπόσταση, με την τάση και προθυμία των μαθηματικών να ξεπεράσουν τους μέχρι τότε φραγμούς της σκέψης, θα μπορούσε να θεωρηθεί αβάσιμη;

Η απάντηση στο ερώτημα αυτό δεν είναι ξεκάθαρη. Η υιοθέτηση νέων επαναστατικών γραμμών σκέψης εμποδίζει συνήθως την εξέλιξη γιατί συγκρούονται με τις άρρητες υποθέσεις περί του τι είναι φυσικό και τι όχι. Οι ίδιοι οι όροι «άρρητος» και «φανταστικός» αριθμός φανερώνουν την υφή της δυσκολίας. Από τη στιγμή που θα αποφασίσουμε ότι δεν είναι περισσότερο ή λιγότερο «ρητοί» ή «πραγματικοί» από οποιονδήποτε άλλο, τότε όλα απλουστεύονται. Αλλά μπορεί να χρειαστεί μία ολόκληρη εποχή ριζικών αλλαγών για να πειστούν οι στοχαστές να πάρουν τέτοιες αποφάσεις. Πράγματι, οι φανταστικές ή οι μιγαδικές μεταβολές στα μαθηματικά, που με τόση απορία και επιφυλακτικότητα αντιμετωπιζόνταν το 18<sup>ο</sup> αιώνα, αναγνωρίστηκαν πλήρως μόνο μετά την Επανάσταση.

Αν εξαιρέσουμε τα μαθηματικά, κάθε άλλο παρά αναπάντεχο ήταν ότι τα πρότυπα από το μετασχηματισμό της κοινωνίας θα παρέσυραν τους επιστήμονες σε κλάδους στους οποίους μπορούσαν να εφαρμοστούν οι αντιστοιχίες αυτές, όπως ήταν, για παράδειγμα, η εισαγωγή δυναμικών εξελικτικών εννοιών στις ως τότε στατιστικές. Η καινοτομία αυτή μπορούσε είτε να εισαχθεί απευθείας είτε μέσω μίας άλλης επιστήμης.

Η έννοια της Βιομηχανικής Επανάστασης, έννοια θεμελιώδης για την ιστορία και για μεγάλο μέρος της σύγχρονης οικονομίας, στην ουσία καθιερώθηκε το 1820 ως έννοια αντίστοιχη με τη Γαλλική Επανάσταση.

Ο Κάρολος Δαρβίνος εισήγαγε το μηχανισμό της «φυσικής επιλογής»κατ' αναλογία του μοντέλου του καπιταλιστικού ανταγωνισμού που περιέγραψε ο Malthus.

Η μόδα για θεωρίες περί γενικών καταστροφών στην περίοδο 1730-1830, μπορεί να αποδοθεί, κατά ένα ποσοστό, στην εξοικείωση της γενιάς εκείνης με τους βίαιους αναβρασμούς και τις ανακατατάξεις της κοινωνίας.

Οι εξωτερικές αυτές επιδράσεις είχαν σαφή αντίκτυπο στις κοινωνικές επιστήμες, ωστόσο θα ήταν αυθαίρετο να πιστέψουμε πως είχαν την ίδια βαρύτητα και για κάθε άλλη επιστήμη. Οι περί καταστροφών θεωρίες, θα υπήρχαν ακόμη και χωρίς τον πολιτικό αναβρασμό, καθώς ήταν γέννημα των θρησκευτικών αντιλήψεων πολλών, για την παντοδυναμία του Κυρίου. Το ότι οι εξελίξεις στην επιστήμη εμφανίζουν συχνά παραλληλισμό με άλλες, δεν οφείλεται στο ότι η καθεμιά τους μπορεί έτσι απλά να συνδεθεί άμεσα με μία αντίστοιχη οικονομική ή πολιτική εξέλιξη.

Από τη άλλη, δεν είναι δυνατό να δεχτούμε την απουσία κάθε είδους σχέσης. Η αντιστοιχία των γενικών ιδεών της περιόδου αυτής με ειδικούς επιστημονικούς κλάδους μπορεί να γίνει εύκολα διακριτή. Είναι δυνατό να διαπιστωθεί ένας παραλληλισμός μεταξύ τέχνης και επιστήμης αλλά και των πολιτικών – κοινωνικών απόψεων.

Έτσι, το ρεύμα του «κλασικισμού» και του «ρομαντισμού» επιδρούσε και στις επιστήμες και, καθένας από αυτούς αντιστοιχούσε σε συγκεκριμένο τρόπο αντιμετώπισης της ανθρώπινης κοινωνίας. Η απόλυτη σύνδεση του κλασικισμού, του



ορθολογικού, μηχανιστικού νευτώνικου κόσμου του Διαφωτισμού με τον αστικό φιλελευθερισμό, και η σύνδεση του ρομαντισμού – ή της λεγόμενης Φυσικής Φιλοσοφίας – με τους αντιπάλους του, είναι μία υπεραπλουστευμένη θεωρία που κατέρρευσε πλήρως μετά το 1830. Αντικατοπτρίζει όμως ένα μέρος της αλήθειας. Μέχρι τη στιγμή που αναδύθηκαν θεωρίες όπως ο σύγχρονος σοσιαλισμός που συνέδεσε στενά την επαναστατική σκέψη με το ορθολογικό παρελθόν, οι θετικές επιστήμες συμβάδιζαν με τον Άγγλο-γαλλικό αστικό φιλελευθερισμό.

Για παράδειγμα, αρκετοί από τους επαναστάτες εμπνέονταν περισσότερο από τον Rousseau παρά από το Βολτέρο, και υποψιάζονταν τον Laplace και τον Lavoisier - τον οποίο και εκτέλεσαν – κυρίως λόγω των διασυνδέσεών τους με το παλιό καθεστώς. Αντιθέτως, η «Φυσική Ιστορία» αντιμετωπιζόταν με συμπάθεια γιατί αντιπροσώπευε τον αυθορμητισμό της αληθινής και μη κατεστραμμένης φύσης. Η ιακωβινική δικτατορία, που διέλυσε τη Γαλλική Ακαδημία, ίδρυσε, ούτε λίγο ούτε πολύ, δώδεκα ερευνητικές έδρες στο Jardin de Plantes. Αντιστοιχώς, ήταν στη Γερμανία, τη χώρα όπου ο κλασικός φιλελευθερισμός ήταν αδύναμος, που η αντίπαλη στον κλασικισμό επιστημονική ιδεολογία της «Φυσικής Φιλοσοφίας» άνησε περισσότερο.

Είναι εύκολο να υποτιμήσει κανείς τη « Φυσική Φιλοσοφία», γιατί έρχεται σε πολύ μεγάλη αντίθεση με αυτό στο οποίο καταλήξαμε να θεωρούμε επιστήμη. Η Φυσική Φιλοσοφία βασιζόταν στην εικασία και την ενόραση. Αναζητούσε εκφράσεις για το πνεύμα ή τη ζωή, για τη μυστηριώδη οργανική ενότητα όλων των πραγμάτων μεταξύ τους και για ένα πλήθος άλλων ιδεών και εννοιών που δεν μπορούσαν να μετρηθούν επακριβώς ούτε να οριστούν με καρτεσιανή σαφήνεια. Ερχόταν σε σύγκρουση με τον μηχανικό υλισμό, με τον Newton, και συχνά με την ίδια τη λογική. Ο Goethe παραχωρούσε μεγάλο μέρος του χρόνου του στην έρευνα για την οπτική, στα πλαίσια μιας προσπάθειας να ανατρέψει την οπτική του Newton, μόνο και μόνο γιατί δεν αισθανόταν καλά με μία θεωρία που αδυνατούσε να εξηγήσει τα χρώματα μέσω της αλληλεπίδρασης των αρχών του φωτός και του σκότους.

Ο Lorenz Oken - ιδρυτής της φιλελεύθερης γερμανικής Deutche Naturforscherversammlung και πηγή έμπνευσης για τη δημιουργία της British Association for the Advancement of Science - υποστήριξε τη διττότητα ως την πρώτη δύναμη που εμφανίστηκε στον κόσμο. «Ο νόμος της αιτιότητας είναι νόμος της διττότητας. Η αιτιότητα είναι πράξη γένεσης. Το φύλο είναι ριζωμένο στην πρώτη κίνηση του κόσμου[...] Σε καθετί, επομένως, υπάρχουν δύο διαδικασίες, μία που εξατομικεύει και ζωογονεί και μία που καθολικεύει και καταστρέφει». Δε δούλευαν όλοι όμως με τους ίδιους όρους, κάτι που εξηγεί την αδυναμία του Bertrand Russell να κατανοήσει τον Hegel, που δούλευε με τον ίδιο τρόπο, και αυτό αποτελεί ένα καλό παράδειγμα απάντησης του ορθολογιστή του 18<sup>ου</sup> αιώνα στη ρητορική ερώτηση, για το ποια πρέπει να είναι τα συμπεράσματα που προκύπτουν από δηλώσεις και θεωρίες όπως αυτή του Oken.

Από την άλλη μεριά, φιλόσοφοι όπως ο Marx και ο Engels, αναγνωρίζουν στη φυσική φιλοσοφία, την οποία, αν και με κάποιες επιφυλάξεις, υποστηρίζουν, ένα χρέος, γεγονός που προειδοποιεί πως η φυσική φιλοσοφία δεν έπρεπε να προσπεραστεί και παραβλεφθεί σαν μία ακόμη πολυλογία. Τελικά, η φυσική φιλοσοφία γέννησε όχι μόνο επιστημονικό έργο αλλά και καρποφόρα αποτελέσματα.

Η θεωρία του κυττάρου στη βιολογία, σημαντικό μέρος της μορφολογίας, της εμβρυολογίας, της φιλολογίας, καθώς και του ιστορικού και εξελικτικού στοιχείου σε όλες τις επιστήμες, ήταν πρωτίστως «ρομαντικής» έμπνευσης. Ακόμη όμως και εκεί που ο ρομαντισμός έπαιξε το ρόλο καταλύτη, όπως για τη βιολογία, ήταν απαραίτητο

το συμπλήρωμα του «κλασικισμού», και μπορούμε εδώ να πάρουμε ως παράδειγμα την προσφορά του Claude Bernard (1813-1878), ιδρυτή της σύγχρονης φυσιολογίας.

Αντίστοιχα, ο ρομαντισμός συμπλήρωνε και ολοκλήρωνε τον κλασικισμό. Οι φυσικό - μηχανικές επιστήμες, παρέμεναν στο προπύργιο του «κλασικισμού», οι εικασίες των φυσικών φιλοσόφων για μυστηριώδη φαινόμενα όπως ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός συνέβαλλαν καθοριστικά στην πρόοδό τους. Στην Κοπεγχάγη ο Hans Christian Oersted, ερεύνησε και διαπίστωσε τη σχέση μεταξύ των δύο όταν απέδειξε τη μαγνητική επίδραση των ηλεκτρικών ρευμάτων το 1820.

Οι δύο μέθοδοι προσέγγισης της επιστήμης, αν και συμπλέκονταν στην πράξη, στη πραγματικότητα δε συγχωνεύτηκαν ποτέ, ούτε καν στον Marx, που περισσότερο από κάθε άλλον είχε επίγνωση της μεικτής προέλευσης της σκέψης του. Σε γενικές γραμμές, η «ρομαντική» προσέγγιση αποτελούσε κίνητρο για νέες ιδέες και αφετηρίες και έπειτα έβγαινε πάλι από τη σφαίρα των επιστημών.

Η φυσική φιλοσοφία δεν μπορεί να αγνοηθεί ως καθαρά επιστημονικό κίνητρο, ωστόσο δεν μπορεί να παραβλεφθεί από τον ιστορικό που χαρτογραφεί τις καταθέσεις ιδεών, γιατί για αυτόν όλες οι ιδέες, παράλογες και λογικές, ορθές αλλά και εσφαλμένες, αποτελούν ιστορικά γεγονότα. Δεν μπορούμε να διαγράψουμε ένα κίνημα που παρέσυρε ολοκληρωτικά ή έστω επηρέασε άτομα μέγιστου πνευματικού βεληνεκούς όπως ο Goethe, ο Hegel, ο Marx.

Μπορούμε όμως να προσπαθήσουμε να καταλάβουμε τη δυσαρέσκεια που προκαλούσε η «κλασική» άγγλο-γαλλική άποψη περί του κόσμου του 18<sup>ου</sup> αιώνα, της οποίας τα τεράστια επιτεύγματα στην επιστήμη και την κοινωνία ήταν αναμφισβήτητα, αλλά που η στενότητα και τα όριά της ήταν όλο και πιο προφανή στην περίοδο των δύο επαναστάσεων.

Το να έχει κανείς επίγνωση των θεσμοθετημένων αυτών ορίων και να αναζητεί, συχνά με τη διαίσθηση μάλλον παρά με την ανάλυση, έναν τρόπο για να κατασκευάσει μία πιο ικανοποιητική εικόνα του κόσμου δε σήμαινε πως τελικά θα κατάφερνε να την κατασκευάσει. Ούτε άλλωστε τα οράματα ενός εξελικτικού, γεμάτου αλληλεξάρτησης και διαλεκτικού σύμπαντος που εξέφραζαν οι φυσικοί φιλόσοφοι ήταν αποδείξεις ή, έστω, επαρκείς ερμηνείες. Ωστόσο απεικόνιζαν πραγματικά προβλήματα – ακόμη και στις φυσικές επιστήμες – που προετοίμαζαν τις αλλαγές και τις προεκτάσεις του κόσμου των επιστημών που γέννησαν το σύγχρονο επιστημονικό μας σύμπαν.

Με τον τρόπο τους άλλωστε απεικόνιζαν τον αντίκτυπο της εποχής των επαναστάσεων, που η κάθε μια με το δικό της τρόπο επηρέασε τα πάντα. Οι υπάρχουσες επιστήμες είχαν ριζικά αλλάξει, νέες ιδέες και ανακαλύψεις ανέδειξαν νέους επιστημονικούς κλάδους. Οι ίδιες οι εξελίξεις αυτές, επηρέασαν είτε άμεσα την καθημερινή ζωή είτε έμμεσα έχοντας αντίκτυπο η μία στην άλλη, αλλά και πυροδοτώντας σημαντικά γεγονότα. Ας μην ξεχνάμε πως η ίδια η Επιστημονική Επανάσταση ξεκίνησε με τη δημοσίευση ενός και μόνο έργου· το «*De Revolutionibus*» του Κοπέρνικου. Οι πρόοδοι της Επιστημονικής Επανάστασης και οι ανάγκες της καθημερινής ζωής οδήγησαν, εν καιρώ, στη Βιομηχανική Επανάσταση και τις αναμφίβολες αλληλεπιδράσεις της, με τη Γαλλική Επανάσταση. Μία ματιά στην πορεία των εξελίξεων, θέτοντας για τη μελέτη μας ως αφετηρία τους το δεύτερο μισό του 15<sup>ου</sup> αιώνα και τοποθετώντας το νήμα του τερματισμού στον 19<sup>ο</sup>, μπορούμε δίχως αμφιβολία και δισταγμό να πούμε πως η περίοδος αυτή δεν άφησε αναλλοίωτη καμία πτυχή της ανθρώπινης ζωής.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

## I. Αριστοτέλης, 384 π. Χ. – 322 π. Χ.

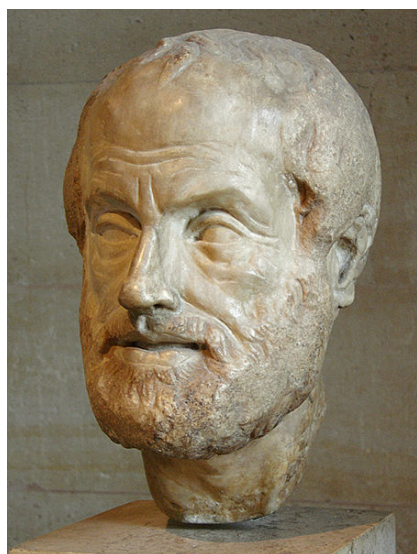
*«Ο άνθρωπος που είναι εγωιστής, υπερηφανεύεται ότι έμαθε πολλά, ο σοφός όμως λυπάται που δεν έμαθε περισσότερα.»*

Αριστοτέλης

Ο Αριστοτέλης ήταν ο Έλληνας φιλόσοφος που θεωρήθηκε ο μεγαλύτερος συστηματικός μελετητής στην ιστορία του παγκόσμιου πολιτισμού. Υπήρξε μαθητής του Πλάτωνα και δάσκαλος του Μεγάλου Αλεξάνδρου. Ο Αριστοτέλης όχι μόνο μελέτησε σχεδόν κάθε γνωστό θέμα της εποχής του αλλά στα περισσότερα από αυτά υπήρξε σημαντική και η δική του συνεισφορά. Στις φυσικές επιστήμες, ο Αριστοτέλης, μελέτησε ανατομία, αστρονομία, οικονομία, εμβρυολογία, γεωγραφία, γεωλογία, μετεωρολογία, φυσική βιολογία και ζωολογία. Στη Φιλοσοφία, έγραψε για την αισθητική, την ηθική, την διακυβέρνηση, την μεταφυσική, την πολιτική, την ψυχολογία, τη ρητορική και τη θεολογία. Μελέτησε επίσης για τη διδασκαλία, τα ξένα έθιμα, τη μουσική, το θέατρο, τη λογοτεχνία και την ποίηση. Θα μπορούσαμε να πούμε, αν και με κάποια επιφύλαξη, πως τα έργα του συνδυασμένα αποτέλεσαν ένα είδος εγκυκλοπαίδειας της Ελληνικής γνώσης.

Μαζί με τον Πλάτωνα και τον Σωκράτη, ο Αριστοτέλης είναι μία από τις σημαντικότερες ιδρυτικές μορφές της Φιλοσοφίας. Ήταν ο πρώτος που δημιούργησε ένα κατανοητό σύστημα για τη Φιλοσοφία, συμπεριλαμβάνοντας σε αυτήν την ηθική και την αισθητική, τη λογική και την επιστήμη, την πολιτική και τη μεταφυσική. Οι απόψεις του Αριστοτέλη για τις φυσικές επιστήμες επηρέασαν βαθιά τους λογίους του Μεσαίωνα και η επιρροή του φτάνει μέχρι την Αναγέννηση, παρότι τελικά οι θεωρίες του αντικαταστάθηκαν από τη σύγχρονη φυσική. Στη μεταφυσική, ο Αριστοτελισμός επηρέασε έντονα τη φιλοσοφική και θεολογική σκέψη των Ισλαμικών και των Εβραϊκών παραδόσεων του μεσαίωνα, και συνεχίζει να επηρεάζει τη Χριστιανική θεολογία. Όλες οι απόψεις του Αριστοτέλη συνεχίζουν να αποτελούν αντικείμενο μελέτης ακαδημαϊκών σπουδών.

Παρότι ο Αριστοτέλης έγραψε πολλές πραγματείες και διαλόγους – ο Κικέρωνας περιέγραψε το λογοτεχνικό του ύφος ως «ποτάμι χρυσού» - πιστεύεται ότι το μεγαλύτερο μέρος των έργων του έχει χαθεί και μόνο το ένα τρίτο της δουλειάς του διασώζεται.



*«Όσοι μελέτησαν την τέχνη της διοίκησης, έχουν πεισθεί ότι η τύχη των κρατών εξαρτάται κυρίως από την εκπαίδευση των νέων»*

Ο Αριστοτέλης γεννήθηκε το 384 π. Χ. στα Στάγειρα. Καταγόταν από επιφανή οικογένεια της αρκετά, όπως φαίνεται, πλούσιας, αλλά όχι πολύ μεγάλης, και πολιτικά ασήμαντης, πόλης των Σταγειρών, στη Χερσόνησο της Χαλκιδικής. Ο πατέρας του, Νικόμαχος, ήταν γιατρός του βασιλιά της Μακεδονίας Αμύντα Β΄. Μητέρα του ήταν η Φαιστίς από τη Χαλκίδα. Ο Αριστοτέλης ορφάνεψε πολύ νωρίς και ανατράφηκε από τον Πρόξενο Αταρνέα.

Ο Αριστοτέλης, κατά τη διάρκεια της διαμονής του στην Άσσο, έκανε γυναίκα του την Πυθιάδα, ανιψιά του τυράννου Ερμεία, με την οποία και απέκτησε μία κόρη. Αργότερα, αφού επέστρεψε ξανά στην Αθήνα, η γυναίκα του πεθαίνει και ο ίδιος εμπλέκεται με μία γυναίκα από τα Σταγείρα, την Ερπιλλίδα, με την οποία απέκτησε ένα γιο στον οποίο έδωσε το όνομα του πατέρα του, Νικόμαχου.

Το 366 π. Χ., σε ηλικία δεκαεπτά χρονών, έφυγε για την Αθήνα όπου και έγινε μέλος της φιλοσοφικής κοινότητας της Ακαδημίας του Πλάτωνα, που εκείνη την περίοδο βρισκόταν στην ακμή της. Παραμένει εκεί για είκοσι χρόνια και συνδέεται με τον ίδιο τον Πλάτωνα, τον Εύδοξο, τον Ξενοκράτη και άλλους εργάτες του φιλοσοφικού στοχασμού. Ωστόσο δεν υπάρχουν άλλες πληροφορίες για τον Αριστοτέλη για το διάστημα αυτό, φαίνεται μόνο πως αμέσως μετά το 360 π. Χ. δημοσιεύτηκε το έργο του «Περί Ρητορικής».

Το 347 π. Χ., μετά το θάνατο του Πλάτωνα, αναλαμβάνει διευθυντής της Ακαδημίας ο Στεύσιππος και ο Αριστοτέλης απομακρύνεται από την Αθήνα για να εγκατασταθεί στην Άσσο της Μυσίας, στη Μικρά Ασία, όπου ήταν τότε τύραννος ο Ερμείας, απελεύθερος και παλιός σπουδαστής στην Πλατωνική Ακαδημία μαζί με τον Αριστοτέλη. Εκεί έζησε και δίδαξε τρία χρόνια στα πλαίσια μιας πολιτικοφιλοσοφικής κοινότητας πλατωνικής έμπνευσης. Το 345 π. Χ. ο Ερμείας δολοφονείται και ο Αριστοτέλης καταφεύγει στη Μυτιλήνη όπου μελετά τη βοτανική και τη ζωολογία του νησιού. Το 343 π. Χ., και ενώ βρίσκεται ακόμα στη Λέσβο, τον καλεί ο βασιλιάς Φίλιππος και πηγαίνει στη Μακεδονία για να αναλάβει την εκπαίδευση του Αλέξανδρου. Η πρόσκληση αυτή φανερώνει πως ο Αριστοτέλης ήταν ήδη γνωστός και το έργο του αναγνωρισμένο σε τέτοιο βαθμό ώστε να κριθεί κατάλληλος από τον βασιλιά Φίλιππο να αναλάβει τη μόρφωση του δεκατετράχρονου διαδόχου του.

Το 339-338 π. Χ. πεθαίνει ο Στεύσιππος, διευθυντής της ακαδημίας του Πλάτωνα στην Αθήνα. Αν και ο Αριστοτέλης βρίσκεται ανάμεσα στους πιθανούς διαδόχους του, επέλεξε να μην επιστρέψει στην Αθήνα ώστε να διεκδικήσει τη θέση αυτή. Διευθυντής της Ακαδημίας εκλέχθηκε τελικά ο Ξενοκράτης, γεγονός που θεωρείται ότι υπήρξε η αφορμή για την οριστική αποχώρηση του Αριστοτέλη από τον όμιλο της Ακαδημίας.

Το 336-335 π. Χ. δολοφονείται ο Φίλιππος της Μακεδονίας και ο Αλέξανδρος ανεβαίνει στο θρόνο και αναλαμβάνει τη διακυβέρνηση του κράτους. Ταυτόχρονα τερματίζεται και ο ρόλος του Αριστοτέλη ως δασκάλου ή τουλάχιστον ο Αλέξανδρος αποφάσισε πως δεν υπήρχε ανάγκη να τον κρατήσει κοντά του ως σύμβουλο. Ο Αριστοτέλης τότε, επιστρέφει στην Αθήνα και ιδρύει δική του φιλοσοφική Σχολή, κοντά στο ναό του Λυκείου Απόλλωνα που βρισκόταν κάπου ανάμεσα στο Λυκαβηττό και τον Ιλισό.

Η σχολή του Αριστοτέλη ονομάστηκε «Περιπατητική». Ο λόγος για τον οποίο πήρε το όνομα αυτό δεν έχει ακόμα απόλυτα διευκρινιστεί. Η ίδρυσή της δημιούργησε άλλωστε μερικά προβλήματα. Ο Αριστοτέλης ήταν στην Αθήνα μέτοικος, που σημαίνει ότι δεν είχε δικαίωμα να αποκτήσει δική του περιουσία. Τυπικά δεν μπορούσε να κάνει τίποτε άλλο παρά να κάνει έδρα της Σχολής του ένα δημόσιο οικοδόμημα, μια στοά περιπάτου στο κέντρο της Αθήνας. Πρακτικά αυτό



δεν ήταν δυνατό να επαρκεί σε μία Σχολή που συγκέντρωνε την προσοχή της τόσο έντονα σε ειδικές επιστημονικές έρευνες· η Σχολή δεν ήταν δυνατό να στερείται βιβλιοθηκών και αρχείων. Υποτίθεται ότι αυτές οι εγκαταστάσεις στεγάστηκαν σε ιδιωτικό οίκημα που διέθεσαν στον Αριστοτέλη Αθηναίο φίλοι του. Η κατάσταση αυτή άλλαξε όταν το 315 π. Χ. ο Δημήτριος Φιλαρέυς, κυβερνήτης της Αθήνας και ο ίδιος μέλος της Σχολής του Αριστοτέλη, παραχώρησε στο διάδοχο του Αριστοτέλη, Θεόφραστο, το ρητό δικαίωμα να αποκτήσει ένα οικόπεδο για τις ανάγκες της Σχολής. Εκεί δημιουργήθηκε μία σημαντική βιβλιοθήκη, η οποία περιείχε συλλογή από τα «συντάγματα» διαφόρων πολιτειών της εποχής - λέγεται ότι συνολικά διέθετε 160 από αυτά. Επίσης θεωρείται πως ο Αριστοτέλης δημιούργησε και ένα φυτώριο - εκτροφείο με «όλα» τα γνωστά εκείνη την εποχή φυτά και ζώα.

Ως μέτοικος ο Αριστοτέλης, πέρα από την απουσία της δυνατότητας να αποκτήσει δική του περιουσία, δεν είχε καθόλου πολιτικά δικαιώματα. Παρόλα αυτά, δε φαίνεται να είχε ποτέ την έντονη επιθυμία να αναμιχθεί ενεργά στην αθηναϊκή πολιτική. Του αρκούσε ο ρόλος του προσεκτικού και από απόσταση, απόλυτα νομοταγή παρατηρητή. Ως παρατηρητής κατέγραψε ποια πολιτεύματα εμφανίζονται στην ιστορία, πως γεννιούνται και πως χάνονται. Κατά καιρούς, δείχνει μία προτίμηση, την οποία και φρόντιζε να διατυπώνει πολύ προσεχτικά, στη Δημοκρατία και δημιουργεί με πολλή φροντίδα, αλλά χωρίς δέσμευση, ένα ιδανικό πολίτευμα.

Ο Αριστοτέλης εργάστηκε δεκατρία χρόνια ως διευθυντής της Σχολής και παράλληλα ως συγγραφέας φιλοσοφικών έργων. Στην Αθήνα κατείχε σημαντική θέση μέχρι τη στιγμή του θανάτου του Αλέξανδρου (323 π. Χ.), οι Αθηναίοι τότε άρχισαν αμέσως τις προσπάθειες για να απελευθερωθούν από την κυριαρχία των Μακεδόνων. Για τον Αριστοτέλη γνώριζαν ότι καταγόταν από Μακεδονική επικράτεια και ότι είχε προσωπικές σχέσεις με τον Φίλιππο, τον Αλέξανδρο και τον ισχυρό στρατηγό Αντίπατρο. Έγινε δίκη εναντίον του και για να αποφύγει την καταδίκη, να αποφύγει την κοινή μοίρα με το Σωκράτη, ο Σταγειρίτης φιλόσοφος αφήνει το Λύκειο στα χέρια του Θεόφραστου και αποσύρεται κατά τη διάρκεια της δίκης στη Χαλκίδα, πατρίδα της μητέρας του, όπου η οικογένειά της είχε ένα σπίτι και όπου μία μακεδονική φρουρά μπορούσε να φροντίζει για την ασφάλειά του. Εκεί, ένα χρόνο αργότερα, το 322 π. Χ. αρρωσταίνει και πεθαίνει από φυσικά αίτια.

Μετά το θάνατο του Αριστοτέλη, τα λείψανά του μεταφέρθηκαν, από την Χαλκίδα όπου πέθανε, στα Στάγειρα, όπου αναγέρθηκε μνημείο προς τιμήν του στο κέντρο της πόλης, στην Αγορά, πολύ κοντά στο Δημαρχείο.

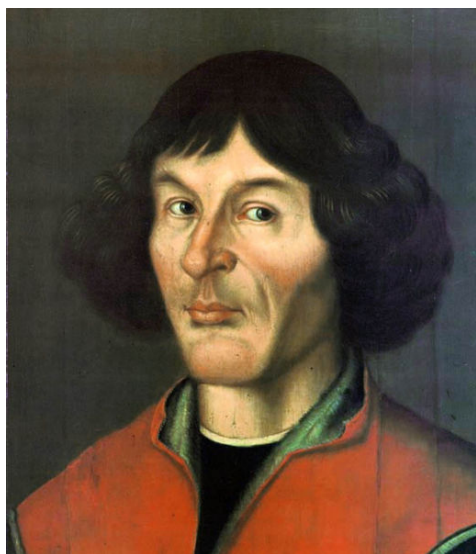
## II. Νικόλαος Κοπέρνικος, 1473 - 1543

Ο Albert Einstein χαιρέτησε το πρόσωπο και το επιστημονικό έργο του Νικολάου Κοπέρνικου με τα παρακάτω λόγια:

« Με χαρά και με ευγνωμοσύνη τιμάμε σήμερα τη μνήμη ενός ανθρώπου που, περισσότερο από κάθε άλλον, έχει συμβάλει στην απελευθέρωση του ανθρώπινου πνεύματος από τις αλυσίδες του κληρικού και της επιστημονικής καταδυνάστευσης της Δύσης

Μία σπάνια ανεξαρτησία σκέψης σε συνδυασμό με μία ολοκληρωμένη γνώση της αστρονομίας, γνώση που δεν ήταν εύκολα προσιτή στην εποχή εκείνη, ήταν τα αναγκαία εφόδια ώστε ο Κοπέρνικος να εκθέσει με πειθώ την ανωτερότητα της ηλιοκεντρικής εκδοχής του. Τούτη η μεγαλειώδης επιτυχία του Κοπέρνικου δεν προετοίμασε μόνο το δρόμο για τη σύγχρονη αστρονομία, βοήθησε επίσης στο να επιτύχει μία αποφασιστική αλλαγή στον τρόπο που ο άνθρωπος αντιμετώπιζε το σύμπαν. Επειδή, αφού αναγνωρίστηκε ότι η γη δεν ήταν το κέντρο του σύμπαντος, αλλά ένας από τους μικρότερους πλανήτες του, η ψευδαίσθηση για την κεντρική σπουδαιότητα του ίδιου του ανθρώπου, έχασε το στήριγμά της.

Έτσι ο Κοπέρνικος δια μέσου τόσο της επιστημονικής εργασίας του όσο και του μεγαλείου της προσωπικότητάς του, δίδαξε στον άνθρωπο να είναι ταπεινός...»



Στο κάτω μέρος μιας προσωπογραφίας του ο Κοπέρνικος έγραψε τα παρακάτω λόγια απευθυνόμενος στο Χριστό :

«Δε τολμώ να ζητήσω τη χάρη που δόθηκε στον απόστολο Παύλο, ούτε την αγαθότητα με την οποία συγχώρεσες τον Πέτρο, ζητώ μονάχα τη συγχώρεση που έδωσες στο ληστή.».

Ο Νικόλαος Κοπέρνικος (λατινικά: *Nicolaus Copernicus*, πολωνικά: *Mikołaj Kopernik*) υπήρξε σημαντικός Πολωνός αστρονόμος. Γεννήθηκε στο Τόρου της Βασιλικής Πρωσίας, επαρχίας του Βασιλείου της Πολωνίας, στις 19 Φεβρουαρίου του 1473 και πέρασε μεγάλο μέρος της ενήλικης ζωής του στο Frombork της Warmia (Πολωνία), όπου και πέθανε στις 24 Μαΐου του 1543.

Ο πατέρας του Κοπέρνικου ήταν εύπορος έμπορος χαλκού και επιχειρηματίας της Κρακοβίας, αλλά πέθανε όταν ο Νικόλαος ήταν μόλις δέκα ετών. Η μητέρα του ήταν η αδερφή του επισκόπου της Warmia, Lucas Watjentode.

Ορφανός από πατέρα σε ηλικία 12 ετών ο Κοπέρνικος ανατράφηκε από το θείο του, τον επίσκοπο της Warmia, που προφανώς έβλεπε τον ανιψιό του ως το μέλλοντα διάδοχό του.

Απέκτησε τις πρώτες του γνώσεις στο εκκλησιαστικό σχολείο στην Κρακοβία. Το 1491 ο Νικόλαος εγγράφεται στην περίφημη Ακαδημία της Κρακοβίας, το σημερινό Γιαγγελονιανό Πανεπιστήμιο, όπου σπουδάζει Μαθηματικά και γνωρίζει για πρώτη φορά την επιστήμη της Αστρονομίας και συναρπάζεται. Τέσσερα χρόνια αργότερα τον βρίσκουμε στην Ιταλία - όπου τον τράβηξε η φήμη των πανεπιστημίων της - να σπουδάζει Νομική και Ιατρική στα Πανεπιστήμια της Μπολόνια και της Πάντοβας, με έξοδα του θείου του.

Η φήμη του Κοπέρνικου είναι συνδεδεμένη με το κοσμολογικό ηλιοκεντρικό σύστημα που διατύπωσε και το οποίο φέρει το όνομά του. Στη Ferrara όμως, γνωρίζει τον αστρονόμο Domenico Novara de Ferrara και γίνεται μαθητής και βοηθός του. Οι πρώτες αστρονομικές παρατηρήσεις που έκανε ο Κοπέρνικος με το Novara μνημονεύονται στο «*De Revolutionibus*».

Η παραμονή του στην Ιταλία κράτησε ως τις αρχές του 1504, με μία μικρή διακοπή το 1501, οπότε γύρισε στην Πολωνία για να αναλάβει ένα εκκλησιαστικό αξίωμα στο Frombork, το οποίο φρόντιζε ο θείος του να του δοθεί από το 1497.

Παρά το διορισμό του ως ιερέα στο Frombork, ο Κοπέρνικος παραμένει στην Ιταλία (στη Ρώμη), όπου παρατηρεί μία έκλειψη Σελήνης και δίνει τις πρώτες του διαλέξεις. Το 1503 παίρνει το διδακτορικό του στο Κανονικό Δίκαιο από το Πανεπιστήμιο της Ferrara. Αυτός ο πλούτος μάθησης πλαισιωνόταν και από τη γνώση ξένων γλωσσών, μεταξύ των οποίων και της ελληνικής, που ο Κοπέρνικος χειριζόταν με πολλή άνεση και ακρίβεια.

Φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια των σπουδών του στη Ferrara ήρθε για πρώτη φορά σε επαφή με τις θεωρίες των αρχαίων περί κινήσεως της Γης, και απέκτησε τις πρώτες αμφιβολίες για το ότι η Γη ήταν ακίνητη στο κέντρο του Σύμπαντος. Το 1504 άρχισε να συγκεντρώνει παρατηρήσεις και ιδέες σχετικές με τις αμφιβολίες του αυτές. Έτσι, γύρω στο 1507 μελέτησε την ιδέα του Αρίσταρχου του Σάμιου να θεωρηθεί ο Ήλιος αντί της Γης ως «ακίνητο κέντρο» του πλανητικού συστήματος.

Αφήνοντας την Ιταλία και επιστρέφοντας στην Πολωνία διετέλεσε επί μία δεκαετία περίπου γραμματέας του θείου του επισκόπου της Warmia και μετά το θάνατό του, το 1512, αποσύρθηκε στο Frombork, για να αφοσιωθεί ολοκληρωτικά στις μελέτες του. Επίσης είχε δεχθεί μία θέση στο ναό του Τιμίου Σταυρού, στο Βρότσλαβ της Σιλεσίας από την οποία παραιτήθηκε μόλις λίγα χρόνια πριν από το θάνατό του. Γενικά, στο υπόλοιπο της ζωής του θα ασχολείτο με αστρονομικές παρατηρήσεις και υπολογισμούς, αλλά μόνο στον ελεύθερο χρόνο του. Συνεργάστηκε επί χρόνια με τη Βασιλική Πρωσική Δίαιτα επί της νομισματικής μεταρρυθμίσεως και δημοσίευσε μελέτες για την αξία του χρήματος. Ως μέλος της κυβερνήσεως της Warmia κατάνεμε τους φόρους και απήνεμε δικαιοσύνη. Επίσης ταξίδεψε πολύ σε κυβερνητικά ταξίδια και ως διπλωμάτης, εκπροσωπώντας το θείο του Λουκά, που είχε ανακηρυχθεί «Πρίγκηψ-Επίσκοπος» της Warmia.

Αν και είχε αφιερώσει τα τελευταία τριάντα χρόνια της ζωής του σε αστρονομικές μελέτες, ο Κοπέρνικος δεν παρέλειψε να δείξει το ενδιαφέρον του και για τις πολιτικές διαμάχες και συμμετείχε ενεργά στη ζωή του Συλλόγου των Κανονικών της Warmia. Στο πολιτικό πεδίο συνέχισε την αγωνιστική γραμμή του Βασιλείου της Πολωνίας κατά των Ιπποτών του Τευτονικού Τάγματος (1519- 1524), που είχε χαράξει ο θείος του, και υπερασπίστηκε επιτυχώς το οχυρό του Όλστιν (Αλενστάιν), το 1521, και του καθεδρικού ναού του Frombork, ως επικεφαλής των

βασιλικών στρατευμάτων, όταν αυτό πολιορκήθηκε από τις δυνάμεις του Αλβέρτου του Βρανδεμβούργου.

Σαν αποτέλεσμα της δραστηριότητάς του στη διαχείριση των πλούσιων κτημάτων της εκκλησιαστικής περιουσίας, ο Κοπέρνικος άφησε και μερικές οικονομικές πραγματείες μεγάλου ενδιαφέροντος. Μεταξύ άλλων, βρίσκεται σ' αυτές, για πρώτη φορά, η διαπίστωση ότι « το κακό νόμισμα διώχνει το καλό», που είναι γνωστή σα «νόμος του Γκρέσαμ».

Το 1533 ο Johann Albrecht Widmannstetter έδωσε μία σειρά διαλέξεων στη Ρώμη περιγράφοντας περιληπτικά την Κοπερνίκειο θεωρία. Αυτές οι διαλέξεις προκάλεσαν το ενδιαφέρον αρκετών καρδινάλιων και του ίδιου του Πάπα Κλήμεντος Ζ'. Το 1536 το έργο του Κοπέρνικου προσέγγιζε την οριστική μορφή του και οι διαδόσεις για τη θεωρία του είχαν φθάσει σε μορφωμένους ανθρώπους σε ολόκληρη την Ευρώπη. Με τη σειρά τους, οι διανοούμενοι από πολλές χώρες τον πίεζαν να δημοσιεύσει τις ιδέες του. Για παράδειγμα, σε ένα γράμμα με στοιχεία «Ρώμη, 1 Νοεμβρίου 1536» ο αρχιεπίσκοπος Καπύης Καρδινάλιος Νικόλαος ζητά από τον Κοπέρνικο να δημοσιοποιήσει ευρύτερα τις ιδέες του.

Παρά τις ποικίλες παροτρύνσεις, ο Κοπέρνικος καθυστερούσε τη δημοσίευση. Στα 1539, ένας ξακουστός χαρτογράφος, ιατρός και μαθηματικός, ο Georg Joachim Rheticus έφθασε στο Frombork. Ο μεταρρυθμιστής θεολόγος Φίλιππος Μελάγχθων είχε κανονίσει να επισκεφθεί ο Rheticus μερικούς αστρονόμους και να μελετήσει μαζί τους. Ο Rheticus έμεινε τελικά με τον Κοπέρνικο δύο χρόνια, κατά τα οποία συνέγραψε ένα βιβλίο, το «*Narratio prima*», όπου στην αποτελούσε ένα σκιαγράφημα της Κοπερνίκειας θεωρίας. Το 1542 ο Rheticus δημοσίευσε μία πραγματεία του Κοπέρνικου περί Τριγωνομετρίας, η οποία αργότερα συμπεριλήφθηκε στο δεύτερο βιβλίο του «*De Revolutionibus*». Υπό την ισχυρότατη πίεση του Rheticus, και έχοντας δει τη γενικώς ευνοϊκή πρώτη υποδοχή της δουλειάς του, ο Κοπέρνικος συμφώνησε τελικά να παραδώσει το βιβλίο στον πιστό του φίλο Tiedemann Giese, επίσκοπο του Chelmino, για να το αφήσει στον Rheticus προκειμένου αυτός να το στείλει για εκτύπωση στον Johannes Petreius, στη Νυρεμβέργη. Με η δημοσίευση αυτού του βιβλίου ξεκίνησε η λεγόμενη Επιστημονική Επανάσταση.

Σύμφωνα με τον παραδοσιακό θρύλο, ιπότης πάνω σε γρήγορο άλογο έτρεξε και παρέδωσε το πρώτο τυπωμένο αντίτυπο του βιβλίου στα χέρια του Κοπέρνικου την ημέρα του θανάτου του μεγάλου Πολωνού αστρονόμου.

Είναι αξιοσημείωτο το ότι διασώζεται το πρωτότυπο χειρόγραφο του «*De Revolutionibus*», γραμμένο με το χέρι του ίδιου του Κοπέρνικου - πράγμα σπάνιο για επιστημονικό έργο εκείνης της εποχής - που ήταν χαμένο για 300 χρόνια και εντοπίστηκε στην Πράγα στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Δείχνει ότι η πένα του Κοπέρνικου ήταν διαρκώς σε κίνηση, με τη μία αναθεώρηση μετά την άλλη. Στο χειρόγραφο, ο Κοπέρνικος γράφει καθαρά ότι είχε διαβάσει τις απόψεις του Αριστάρχου του Σαμίου, που έθετε τη Γη να περιφέρεται περί τον Ήλιο, αλλά και των Πυθαγόρειων φιλοσόφων Φιλολάου και Ικέτα.

Ο Νικόλαος Κοπέρνικος τάφηκε στον Καθεδρικό Ναό του Frombork. Αρκετοί είχαν ερευνήσει μάταια για τη σορό του, όταν στις 3 Νοεμβρίου 2005 ανακοινώθηκε πως τον Αύγουστο 2005 είχε ανακαλυφθεί το κρανίο του.

### **III. Johannes Kepler, 1571 - 1630**

*«Ανάμεσα στις εξέχοντες προσωπικότητες που φιλοσόφησαν για το φαινόμενο της παλίρροιας, αυτός που με εξέπληξε περισσότερο ήταν ο Kepler. Υπήρξε ένας άνθρωπος ιδιαίτερης ιδιοφυΐας, αλλά ενδιαφέρθηκε ιδιαίτερα για τις επιδράσεις της σελήνης στο νερό αλλά και για άλλες απόκρυφες επιστήμες και φαινόμενα.»*

Γαλιλαίος για τον Kepler

Ο Johannes Kepler ήταν ένας Γερμανός μαθηματικός, αστρονόμος και αστρολόγος, ο οποίος χαρακτηρίστηκε ως ο άνθρωπος κλειδί για την επιστημονική επανάσταση του 17<sup>ου</sup> αιώνα. Είναι γνωστός κυρίως για τους νόμους του για τις πλανητικές κινήσεις που πήραν και το όνομά του. Οι νόμοι του έθεσαν κατά ένα μέρος τα θεμέλια για τη θεωρία του Newton για την παγκόσμια βαρύτητα.

Κατά τη διάρκεια της καριέρας του ο Kepler διετέλεσε καθηγητής μαθηματικών στο σχολείο του Graz στην Αυστρία, υπήρξε βοηθός του αστρονόμου Tycho Brahe, μαθηματικός της αυλής του αυτοκράτορα Ροδόλφου II, καθηγητής μαθηματικών στο Linz της Αυστρίας αλλά και σύμβουλος του στρατηγού Wallenstein. Έκανε επίσης ορισμένες στοιχειώδεις μελέτες στην οπτική, επινόησε μία βελτιωμένη εκδοχή του διαθλαστικού τηλεσκοπίου και, βοήθησε να αναγνωριστούν οι ανακαλύψεις που έκανε ο σύγχρονός του Γαλιλαίος, με το τηλεσκόπιό του.

Ο Kepler έζησε σε μία εποχή που δεν υπήρχε ακριβής οριοθέτηση μεταξύ αστρολογίας και αστρονομίας, αλλά υπήρχε ένας ξεκάθαρος διαχωρισμός ανάμεσα στην αστρονομία, που αποτελούσε κλάδο των μαθηματικών και των ελεύθερων τεχνών, και τη φυσική, που αντιμετωπιζόταν ως κλάδος της φυσικής φιλοσοφίας. Ο Kepler ισορρόπησε μεταξύ των θρησκευτικών αντιδράσεων και της πρωτοποριακής δουλειάς του, δικαιολογώντας την, παρακινούμενος από την πεποίθηση πως ο Θεός είχε δημιουργήσει ένα κόσμο σύμφωνα με ένα κατανοητό σχέδιο το οποίο μπορεί να γίνει αντιληπτό υπό το πρίσμα της λογικής. Ο Kepler ονόμασε την αστρονομία του «ουράνια φυσική», και την περιέγραψε σαν μία περιήγηση στα *Μετά τα φυσικά* και ένα συμπλήρωμα στα *Περί Ουρανού* του Αριστοτέλη, μεταμορφώνοντας έτσι την αρχαία παράδοση της φυσικής κοσμολογίας, και αντιμετωπίζοντας την αστρονομία σαν κομμάτι της παγκόσμιας μαθηματικής φυσικής.





«Η αλήθεια είναι θυγατέρα του χρόνου, και εγώ δεν ντρέπομαι καθόλου να γίνω η μαία της.»

Ο Kepler γεννήθηκε στις 27 Δεκεμβρίου 1571 στη Γερμανία στο Baden-Württemberg. Ο παππούς του Sebald Kepler ήταν δήμαρχος της πόλης, αλλά την εποχή της γέννησης του J. Kepler, η οικογενειακή περιουσία χανόταν. Ο πατέρας του, Heinrich Kepler, κέρδιζε τα προς το ζην ως μισθοφόρος, και άφησε την οικογένειά του όταν ο Johannes ήταν πέντε χρονών. Πιστεύεται ότι πέθανε κατά τη διάρκεια πολέμου στην Ολλανδία. Η μητέρα του, Katharina Guldenmann, κόρη πανδοχέα, ασχολούταν με την πρακτική ιατρική και τα βότανα και αργότερα δικάστηκε για μαγεία. Πρόωρα γεννημένος, ο Johannes ήταν αδύναμος και φιλάσθενος. Ήταν παρ' αυτά ένα πολύ έξυπνο παιδί που εντυπωσίαζε με τις εξαιρετικές μαθηματικές του ικανότητες.

Το 1597 ο Kepler παντρεύτηκε τη Barbara Mullers, κόρη μυλωνά και δύο φορές χήρα με μία κόρη. Τα πρώτα χρόνια του γάμου τους απέκτησαν δύο παιδιά, τον Heinrich και τη Susanna, τα οποία πέθαναν σε βρεφική ηλικία. Αργότερα, το 1602 απέκτησαν άλλη μία κόρη, τη Susanna, το 1602 ένα γιο τον Friedrich και το 1607 ακόμη ένα γιο τον Ludwig. Το 1612 και ενώ βρίσκονται στην Πράγα, η Barbara αρρωσταίνει και πεθαίνει ενώ λίγο αργότερα ο Kepler μετακινείται στο Linz.

Το 1613 ο Kepler ξαναπαντρεύεται τη Susanna Reuttinger. Από το δεύτερο γάμο του ο Kepler απέκτησε συνολικά έξι παιδιά: τη Mergareta Regina, την Katharina και τον Sebald – τα οποία όμως πέθαναν κατά τη διάρκεια της παιδικής τους ηλικίας – και την Cordula (1621), τον Fridmar(1623) και τον Hildbert(1625).

Οι πρώτες επαφές του Kepler με την αστρονομία, έγιναν σε νεαρή ηλικία και από τότε ανέπτυξε για αυτή μια ιδιαίτερη αγάπη. Στα έξι του παρατήρησε το πέρασμα ενός μεγάλου κομήτη(1577). Στα εννιά του παρατήρησε ένα ακόμη αστρονομικό φαινόμενο, μία σεληνιακή έκλειψη(1580) . Η παιδική ευλογία όμως τον άφησε με περιορισμένη όραση και παραμορφωμένα χέρια που επηρέασαν τις παρατηρησιακές του ικανότητες του και τις προοπτικές του στην αστρονομία.

Το 1589, αφού είχε ολοκληρώσει τη βασική του εκπαίδευση, το σχολείο των Λατινικών, αλλά και την εκπαίδευση των Προτεσταντών στο Württemberg, ο Kepler μπήκε στο Πανεπιστήμιο του Tübingen, ως μαθητής θεολογίας, και παρακολούθησε μαθήματα φιλοσοφίας από το Vitus Muller. Εξελίχθηκε σε έναν ταλαντούχο μαθηματικό και κέρδισε την φήμη του ικανότατου αστρολόγου, αναπτύσσοντας τα ωροσκόπια των συμμαθητών του. Με την καθοδήγηση του Michael Maestlin, έμαθε και για το Πτολεμαϊκό αλλά και για το Κοπερνίκειο σύστημα. Ο ίδιος την περίοδο

εκείνη υιοθέτησε το σύστημα του Κοπέρνικου για τις πλανητικές κινήσεις. Κατά τη διάρκεια μιας διαφωνίας σπουδαστών, υποστήριξε τον ηλιοκεντρισμό από θεωρητική αλλά και θεολογική άποψη, θέτοντας τον ήλιο ως την βασική πηγή κινητήριας δύναμης του σύμπαντος. Παρά την επιθυμία του να γίνει υπουργός, όταν πλησίαζε στο τέλος των σπουδών του, του προτάθηκε η θέση του καθηγητή μαθηματικών και αστρονομίας στο Προτεσταντικό σχολείο του Graz στην Αυστρία (αργότερα Πανεπιστήμιο του Graz). Δέχτηκε τη θέση τον Απρίλιο του 1594, στην ηλικία των 23.

Το 1595, και ενώ βρίσκεται και διδάσκει στο Graz ο Kepler γράφει την πρώτη του μεγάλη αστρονομική εργασία, το «*Mysterium Cosmographicum*», στο οποίο υποστηρίζει το σύστημα που εισήγαγε ο Κοπέρνικος, αλλά και μεταξύ άλλων αποδεικνύει ότι οι άνισες αποστάσεις που χωρίζουν τις τροχιές μεταξύ των έξι γνωστών τότε πλανητών, μπορούν να καθοριστούν από τα πέντε κανονικά πολύεδρα: το τετράεδρο, τον κύβο, το οκτάεδρο, το δωδεκάεδρο και το εικοσάεδρο. Με την υποστήριξη του μέντορά του Michael Maestlin, ο Kepler παίρνει άδεια από το Πανεπιστήμιο του Tübingen να τυπώσει το χειρόγραφο του και το δημοσιεύει το 1596, ενώ στις αρχές του επόμενου χρόνου αρχίζει να στέλνει αντίγραφα του σε εξέχοντες αστρονόμους αλλά και άρχοντες. Το έργο του Kepler δεν διαβάστηκε πολύ, αλλά εδραίωσε τη φήμη του ως χαρισματικού αστρονόμου. Το 1621 ο Kepler δημοσίευσε την δεύτερη, εκτεταμένη έκδοση του *Mysterium* με πολλές λεπτομερείς υποσημειώσεις, διορθώσεις και βελτιώσεις που είχε επιτύχει στα 25 χρόνια που μεσολάβησαν από την πρώτη έκδοση.

Κατά τη διάρκεια των χρόνων που έμεινε στο Graz, με αφορμή τα περιεχόμενα του *Mysterium*, άρχισε να αλληλογραφεί με τον Tycho Brahe. Αν και ο Tycho εξέφραζε μία σκληρή κριτική για το έργο του Kepler και κυρίως για τα μη ακριβή αριθμητικά δεδομένα του Κοπέρνικου που είχε χρησιμοποιήσει ο Kepler, συζητούσαν για μία ευρεία γκάμα αστρονομικών, και όχι μόνο, δεδομένων και προβληματισμών.

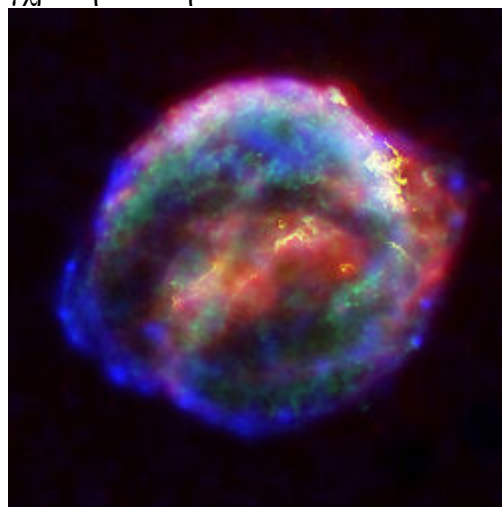
Το 1599, ο Kepler άρχισε να νιώθει περιορισμένος από την ανακρίβεια των διαθέσιμων για την έρευνά του δεδομένων, αλλά και απειλούμενος από τα θρησκευτικά δρώμενα. Τον Δεκέμβριο του ίδιου χρόνου, ο Brahe καλεί τον Kepler να τον επισκεφτεί στην Πράγα.

Το Φεβρουάριο του 1600 ο Kepler συνάντησε τον Tycho Brahe και τους βοηθούς του Franz Tengnagel και Longomontanus στο νέο παρατηρητήριο του Brahe στο Benatky nad Jizerou. Παρά τις αρχικές τους επιφυλάξεις, σύντομα οι Brahe και Kepler, αποφάσισαν να συνεργαστούν όντας εντυπωσιασμένοι ο ένας από τη δουλειά του άλλου – ο μεν από τις καταγεγραμμένες παρατηρήσεις του άλλου και ο δε συνεπαρμένος από τις θεωρητικές ιδέες και μαθηματικές ικανότητες του Kepler. Ο Kepler επέστρεψε στο Graz και με σκοπό να γυρίσει πίσω στην Πράγα με την οικογένειά του. Οι πολιτικές και θρησκευτικές συνθήκες στο Graz δεν του επέτρεψαν να ξαναφύγει, όταν όμως ο Kepler αρνήθηκε να ασπαστεί τον Καθολικισμό εξορίστηκε μαζί με την οικογένειά του και τελικά το 1601 βρέθηκαν στην Πράγα. Τον Οκτώβριο του 1601 ο Tycho πεθαίνει και οι σημειώσεις του περνάνε στα χέρια του Kepler, τις οποίες και χρησιμοποίησε για τις δικές του μελέτες τα επόμενα χρόνια, μελέτες που δημοσιεύτηκαν το 1609 στο έργο του «*Astronomia Nova*» μαζί με τους δύο πρώτους νόμους του για τις πλανητικές κινήσεις. Μετά το θάνατο του Brahe, ο αυτοκράτορας Ροδόλφος διορίζει τον Kepler μαθηματικό της αυλής.

Το 1603, κατά το μεγαλύτερο μέρος της διάρκειάς του, ο Kepler αδράνησε στις άλλες έρευνές του και εστίασε τις μελέτες του στην οπτική, με αποτέλεσμα το 1604 να παρουσιάσει, στον αυτοκράτορα Ροδόλφο II, και να δημοσιεύσει το «*Astronomiae*

*Pars Optica*» («Το οπτικό κομμάτι της αστρονομίας»). Το *Astronomiae Pars Optica* αναγνωρίζεται σήμερα ως το θεμέλιο για τη σύγχρονη οπτική.

Τον Οκτώβριο του 1604 παρουσιάστηκε στους ουραμούς ένα πολύ φωτεινό αστέρι και ο Kepler αποφάσισε να το παρακολουθήσει συστηματικά. Το νέο αυτό αστέρι και τα χαρακτηριστικά του, περιέγραψε ο Kepler αργότερα, στο έργο του «*De Stella Nova*». Ο Kepler παρατήρησε το εξαιρετικά αξιοσημείωτο για τα τότε δεδομένα γεγονός πως η φωτεινότητα του άστρου αυτού εξασθενίζει με το χρόνο (Το άστρο αυτό είχε εντοπιστεί πέρα από τη σελήνη, εκεί που σύμφωνα με τις θεωρίες του Αριστοτέλη τίποτε δεν άλλαζε ποτέ).



Υπολείμματα της σουπερνόβας του Kepler

Ο Kepler προσπαθούσε βασιζόμενος στις παρατηρήσεις του Brahe να βρει το σωστό σύστημα επικύκλων, που θα αντικατόπτριζε την κίνηση των ουράνιων σωμάτων. Μετά από αρκετές προσπάθειες και πειραματισμούς, το 1605 είχε την ιδέα, που είχε στο παρελθόν απορριφθεί από πολλούς αστρονόμους, να δοκιμάσει αντί των κυκλικών κινήσεων την πιθανότητα οι κινήσεις των πλανητών να ακολουθούν μία ελλειπτική τροχιά. Η έλλειψη ανταποκρινόταν στα πραγματικά δεδομένα για τις θέσεις των πλανητών και έτσι προέκυψε ο πρώτος νόμος του Kepler. Ο οποίος δημοσιεύτηκε το 1609 στο «*Astronomia Nova*».

Το 1610, ένας άλλος αστρονόμος, ο Galileo Galilei, δημοσιεύει το «*Sidereus Nuncius*». Ο Kepler σπεύδει να υποστηρίξει τον Γαλιλαίο και εκδίδει το «*Dissertatio cum Nuncio Sidereo*», αλλά και λίγο αργότερα τον ίδιο χρόνο το «*Narratio de Jovis Sattelitibus*», προσφέροντας περαιτέρω υποστήριξη στο Γαλιλαίο.

Ο Kepler, έχοντας γίνει πιστός οπαδός του τηλεσκοπίου έδειξε ότι είναι δυνατό να κατασκευάζονται αστρονομικά τηλεσκόπια μεγάλης ισχύος. Στις μελέτες του για την οπτική τις οποίες περιέλαβε στο βιβλίο *Διοπτρικά* (1610), ο Kepler εξήγησε πρώτος τη διαδικασία της όρασης του οφθαλμού και ανακάλυψε τη διάθλαση του φωτός στην ατμόσφαιρα.

Το 1612, μετά το θάνατο του αυτοκράτορα Ροδόλφου II ο Kepler μετακόμισε στο Linz όπου ανέλαβε τα καθήκοντα καθηγητή μαθηματικών, τα οποία και διατήρησε μέχρι το 1626.

Από το 1615 μέχρι και το 1621 ο Kepler δημοσίευε σταδιακά τους, συνολικά επτά, τόμους του έργου του «*Epitome Astronomia Copernicanae*», στο οποίο περιέχονταν και οι τρεις νόμοι του για τις πλανητικές κινήσεις.

Το 1623 ο Kepler ολοκλήρωσε το «*Ροδόλφειοι Πίνακες*», ένα έργο που αποτελούνταν από βασικούς πίνακες των πλανητών με βάση την ηλιοκεντρική τους κίνηση, τους οποίους είχε αρχίσει να καταρτίζει από την εποχή που ήταν βοηθός του Brahe. Οι πίνακες, όμως, δε δημοσιεύτηκαν παρά μόνο το 1627. Το 1625 αντιπρόσωποι της Καθολικής Αναμόρφωσης δέσμευσαν τις βιβλιοθήκες του Kepler και όταν η πόλη του Linz πολιορκήθηκε το 1626 ο Kepler έφυγε, στα πλαίσια του διωγμού των Διαμαρτυρομένων για το Ulm όπου και φρόντισε για την τύπωση των πινάκων του με δικά του έξοδα. Οι πίνακες αυτοί επέτρεπαν, για έναν και πλέον

αιώνα, να γνωρίζει κανείς με μεγάλη ακρίβεια την εκάστοτε θέση των διάφορων σωμάτων του ηλιακού συστήματος.

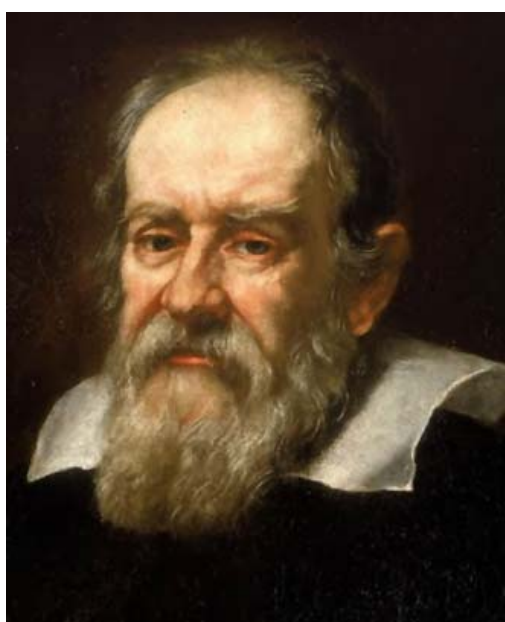
Το 1628, μετά τις στρατιωτικές επιτυχίες του αυτοκράτορα Ferdinand με τις στρατιωτικές δυνάμεις του Στρατηγού Wallenstein, ο Kepler έγινε επίσημος σύμβουλος του Wallenstein.

Τα τελευταία του χρόνια ο Kepler τα πέρασε ταξιδεύοντας από την αυλή της Πράγας στο Linz και το Ulm, στο Sagan και το Regensburg. Μετά από ένα του ταξίδι στο Regensburg ο Kepler αρρώστησε και πέθανε στις 15 Νοεμβρίου του 1630 και τάφηκε εκεί (ο τάφος του χάθηκε μετά την επιδρομή του στρατού του Γουστάβου Αδόλφου που κατέστρεψε τον εκκλησιαστικό περίγυρο).

#### IV. Galileo Galilei, 1564 - 1642

*«Αλλά πριν το ανθρώπινο είδος μπορέσει να ωριμάσει για μία επιστήμη η οποία συγκεντρώνει το σύνολο της πραγματικότητας, μία δεύτερη θεμελιώδης αλήθεια ήταν απαραίτητη, η οποία έγινε κοινό απόκτημα ανάμεσα στους φιλοσόφους με την έλευση του Kepler και του Γαλιλαίου. Η καθαρή λογική δεν μπορεί να επιφέρει καμία γνώση για τον αντικειμενικό κόσμο. Όλη η γνώση της πραγματικότητας ξεκινά από την εμπειρία και τελειώνει σε αυτή. Οι προτάσεις που προέκυψαν από καθαρά λογικά μέσα είναι εντελώς κενές όσον αφορά την πραγματικότητα. Επειδή ο Γαλιλαίος το είδε αυτό και, ιδιαίτερα επειδή το διατυμπάνισε στον επιστημονικό κόσμο, είναι ο πατέρας της σύγχρονης φυσικής – και ναι, - και της σύγχρονης επιστήμης μαζί.»*

Albert Einstein για το Γαλιλαίο



«Όλες οι αλήθειες  
είναι εύκολα κατανοήσιμες όταν  
ανακαλυφθούν.

Το θέμα  
Είναι να ανακαλυφθούν.»

Ο Galileo Galilei γεννήθηκε στις 15 Φεβρουαρίου του 1564. Υπήρξε φυσικός, μαθηματικός, αστρονόμος και φιλόσοφος που έπαιξε μεγάλο ρόλο στην εξέλιξη της επιστημονικής επανάστασης. Τα επιτεύγματά του περιλαμβάνουν βελτιώσεις του τηλεσκοπίου και αδιάκοπες αστρονομικές παρατηρήσεις. Ήταν θερμός υποστηρικτής των θεωριών του Κοπέρνικου. Ο Γαλιλαίος καλείται σήμερα «πατέρας της σύγχρονης παρατηρησιακής αστρονομίας», «πατέρας της σύγχρονης φυσικής», «πατέρας των επιστημών» όπως επίσης και «πατέρας των μοντέρνων επιστημών» καθώς ήταν ο πρώτος που αντικατέστησε την υποθετική - επαγωγική μέθοδο με την πειραματική. Η συνεισφορά του στην παρατηρησιακή αστρονομία περιλαμβάνει την επιβεβαίωση των φάσεων της Αφροδίτης με τη χρήση του τηλεσκοπίου, την ανακάλυψη των τεσσάρων μεγαλύτερων δορυφόρων του Δία - που ονομάστηκαν φεγγάρια του Γαλιλαίου προς τιμή του - και η παρατήρηση και ανάλυση των κηλίδων του ήλιου. Ο Γαλιλαίος εργάστηκε επίσης πάνω στην εφαρμοσμένη επιστήμη και την τεχνολογία.



Ο Γαλιλαίος γεννήθηκε στην Πίζα, τότε επαρχία του Μεγάλου Δουκάτου της Τοσκάνης, πρωτότοκος γιος από τα έξι παιδιά του Vincenzo Galilei, διάσημου λαουτίστα και θεωρητικού μουσικού, και της Giulia Ammannati. Όταν ο Γαλιλαίος ήταν 8 ετών, η οικογένεια του μετακόμισε στην Φλωρεντία, αλλά αυτός έμεινε για 2 χρόνια με τον Jacopo Borghini. Πήρε τα πρώτα του μαθήματα στο μοναστήρι Camaldolese της Vallombrosa. Αν και σκεφτόταν σοβαρά, κατά τη διάρκεια των νεανικών του χρόνων, να στραφεί προς την ιεροσύνη, το 1581 γράφτηκε στο Πανεπιστήμιο της Πίζα προκειμένου να αποκτήσει πτυχίο ιατρικής. Ωστόσο στο τρίτο έτος των σπουδών του εγκατέλειψε την ιατρική και ασχολήθηκε με τα μαθηματικά. Το 1589 προτάθηκε και έγινε καθηγητής στην έδρα των μαθηματικών στο Πανεπιστήμιο της Πίζα σε ηλικία 26 χρονών.

Το 1591 ο πατέρας του, μετά το θάνατό του, τον όρισε υπεύθυνο για την ανατροφή και φροντίδα του μικρότερου αδερφού του, Michelagnolo. Το 1592, μετακινήθηκε στο Πανεπιστήμιο της Padova, όπου δίδαξε γεωμετρία, μηχανική και αστρονομία μέχρι το 1610, οπότε και επιστρέφει στο Πανεπιστήμιο της Πίζα. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ο Γαλιλαίος έκανε αξιοσημείωτες ανακαλύψεις τόσο στην καθαρή επιστήμη (π.χ. αστρονομία) αλλά και στην εφαρμοσμένη επιστήμη (π.χ. αντοχή των υλικών και βελτίωση του τηλεσκοπίου). Τα πολυποίκιλα ενδιαφέροντά του περιλάμβαναν επίσης τη μελέτη της αστρολογίας, που τότε η πρακτική της ήταν άμεσα συνδεδεμένη με τις σπουδές των μαθηματικών και της αστρονομίας.

Παρότι αφοσιωμένος καθολικός, ο Γαλιλαίος έγινε πατέρας τριών εξώγαμων παιδιών, που απέκτησε με την Marina Gamba. Απέκτησαν δύο κόρες, τη Virginia και τη Livia, το 1600 και το 1601 αντίστοιχα, και ένα γιο, τον Vincenzio, το 1606. Εξαιτίας της παράνομης γέννησης τους, ο πατέρας τους θεώρησε τις κόρες του μη δυνάμενες να παντρευτούν. Η μόνη αξιόλογη εναλλακτική επιλογή τους ήταν η θρησκευτική ζωή. Και τα δύο κορίτσια στάλθηκαν στο γυναικείο μοναστήρι του San Mateo στο Αρτσέτρι και έμειναν εκεί για το υπόλοιπο της ζωής τους. Η Virginia μπαίνοντας στο μοναστήρι πήρε το όνομα Maria-Celeste, πέθανε στις 2 Απριλίου του 1634, και τάφηκε μαζί με το Γαλιλαίο στη Βασιλική di Santa Croce di Firenze. Η Livia πήρε το όνομα αδερφή Arcangela και ήταν άρρωστη κατά το μεγαλύτερο μέρος της ζωής της. Ο Vincenzio, αναγνωρίστηκε νομίμως αργότερα ως παιδί του Γαλιλαίου, και παντρεύτηκε την Sestilia Bocchineri.

Στα 18 χρόνια που έμεινε στην Padova, ο Γαλιλαίος δίδασκε, όχι μόνο στο πανεπιστήμιο, όπου οι παραδόσεις του είχαν τεράστια επιτυχία, αλλά και σε φοιτητές που έπαιρνε οικότροφους στο σπίτι του. Το ενδιαφέρον του για την τεχνική τον απασχολούσε για πολύ στο εργαστήριό του, όπου με τη βοήθεια ενός μηχανικού κατασκεύασε τα δικά του μαθηματικά όργανα.

Το 1609 και ενώ βρίσκεται στη Βενετία, πληροφορείται για την ανακάλυψη του τηλεσκοπίου και κατασκευάζει ένα δικό του, επιστρέφοντας στην Padova, το οποίο κατάφερε να τελειοποιήσει με το πέρασμα των χρόνων.

Το 1610, ο Γαλιλαίος, έστρεψε για πρώτη φορά το τηλεσκόπιό του στον ουρανό και αργότερα τον ίδιο χρόνο, δημοσίευσε ένα ημερολόγιο, το «*Siderius Nuncius*», με τις παρατηρήσεις που είχε κάνει με το τηλεσκόπιό του για τα φεγγάρια του Δία. Χρησιμοποίησε τις παρατηρήσεις του αυτές για να ταθεί υπέρ του ηλιοκεντρικού συστήματος και της Κοπερνίκειας θεωρίας για το σύμπαν και κατά του επικρατούντος γεωκεντρικού συστήματος του Πτολεμαίου και του Αριστοτέλη. Στην αρχή κατάφερε να πετύχει την αναγνώριση των ανακαλύψεων του από τους μεγαλύτερους επιστήμονες της εποχής, μεταξύ των οποίων και ο Kepler, όπως επίσης και από τους πανίσχυρους ιησουίτες αστρονόμους. Η σπουδαιότητα των ανακαλύψεων του Γαλιλαίου μεγάλωσε τόσο τη φήμη του ώστε ο Κόσμιος Β΄ τον

κάλεσε στην Φλωρεντία και τον διόρισε πρώτο φιλόσοφο και μαθηματικό του μεγάλου δουκάτου της Τοσκάνης. Πράγματι, σε ένα από τα ταξίδια του στη Ρώμη έγινε δεκτός με μεγάλες τιμές από τον πάπα Παύλο Ε΄. Τον επόμενο χρόνο, ο Γαλιλαίος επισκέφθηκε τη Ρώμη προκειμένου να επιδείξει το τηλεσκόπιό του στους φιλοσόφους και τους μαθηματικούς του Ιησουιτικού Κολλεγίου της Ρώμης, και να τους αφήσει να δουν και μόνοι τους την πραγματικότητα των φεγγαριών του Δία. Το διάστημα που έμεινε στη Ρώμη έγινε μέλος της Ακαδημίας του Lincei, τιμή που τον ικανοποιούσε ιδιαίτερα.

Το 1612, αναδύθηκαν στην επιφάνεια οι αντιδράσεις για τη θεωρία του ηλιοκεντρικού συστήματος που υποστήριζε ο Γαλιλαίος. Το 1614, από τον άμβωνα της Santa Maria Novella, ο πατέρας Tommaso Caccini (1574 – 1648) αποκήρυξε τις θέσεις του Γαλιλαίου για την κίνηση της γης, κρίνοντάς τες ως επικίνδυνες και αιρετικές. Ο Γαλιλαίος πήγε στη Ρώμη για να υπερασπιστεί τον εαυτό του απέναντι σε αυτές τις κατηγορίες, αλλά το 1616, ο καρδινάλιος Roberto Bellarmino επέστησε προσωπικά την προσοχή του Γαλιλαίου προκειμένου να πάψει να διδάσκει και να υποστηρίζει την Κοπερνίκεια αστρονομία. Κατά τη διάρκεια του 1621 και του 1622 ο Γαλιλαίος έγραψε το πρώτο του βιβλίο, «*Il Saggiatore*» («The Asayer», «Ο Εκτιμητής») που εγκρίθηκε και δημοσιεύτηκε το 1623, το βιβλίο του αυτό αποτελούσε τον αντίλογό του στη διατριβή του Orazio Grassi.

Τον ίδιο χρόνο (1623) ανέβηκε στον παπικό θρόνο με το όνομα Ουρβανός Η΄ ο Καρδινάλιος Mafeo Berberinni, που είχε γιορτάσει με στίχους τις ουράνιες ανακαλύψεις του Γαλιλαίου και έτσι οι ελπίδες του δεύτερου αναπτερώθηκαν. Ύστερα από μερικά χρόνια εργασίας, το 1630, επέστρεψε στη Ρώμη ζητώντας την άδεια να τυπώσει το «*Dialogo sopra i due massimissimi sistemi del mondo*» («*Διάλογο των δύο μεγίστων κοσμοθεωριών*»). Ο Γαλιλαίος πέτυχε να πάρει από την παπική λογοκρισία την άδεια να τυπώσει το έργο του, που δημοσιεύτηκε τελικά το 1632 στη Φλωρεντία. Αν και χωρίς να γίνεται φανερά εκλογή μεταξύ των συστημάτων του Πτολεμαίου και του Κοπερνίκου, είναι πολύ καθαρές οι απόψεις του συγγραφέα. Το έργο προκάλεσε στην Ευρώπη μεγάλο θαυμασμό μα και αναστάτωση, κυρίως γιατί μπορούσε να διαβαστεί από τον απλό λαό, όντας γραμμένο στα ιταλικά και όχι στα λατινικά. Πέντε μήνες αργότερα ο Γαλιλαίος κλήθηκε να παρουσιαστεί για να λογοδοτήσει για το βιβλίο του στην Ιερά Σύνοδο της Ρώμης.

Ακολούθησε δίκη στην οποία κρίθηκε ύποπτος ως αιρετικός αφού οι θέσεις και οι θεωρίες του έρχονταν σε αντίθεση με τις Γραφές. Η σύγκρουσή του με τη Ρωμαιοκαθολική Εκκλησία αναφέρεται πολλές φορές ως παράδειγμα σύγκρουσης της εξουσίας με την ελευθερία της σκέψης. Η δίκη του κράτησε τέσσερις μήνες. Στις 16 Ιουνίου 1633, στο μέγαρο του Κυρηναίου, το Συμβούλιο της Αγίας Έδρας καταδίκασε το Γαλιλαίο σε απάρνηση των πεποιθήσεών του και φυλάκιση, σύμφωνα με τη θέληση της Ιερής Εξέτασης, η οποία απαγόρευσε το *Διάλογο*. Στις 22 Ιουνίου ο Γαλιλαίος αποκήρυξε τις δοξασίες του. Λέγεται ότι βγαίνοντας από την αίθουσα που είχε πραγματοποιηθεί η, κεκλεισμένων των θυρών, δίκη του, και αφού τον είχαν ήδη αναγκάσει να αναιρέσει τις δηλώσεις του περί ηλιοκεντρισμού προκειμένου να αποφύγει τη θανατική καταδίκη, ο ίδιος είπε τη γνωστή φράση «*Eppur si muove!*» («Κι όμως, κινείται!»). Με τη φράση αυτή αναφερόταν στη γη θέλοντας να δείξει πως ανεξάρτητα από την έκβαση της δίκης του, αλλά και από τα εμπόδια που έθετε η Εκκλησία στο δρόμο της επιστήμης, τα γεγονότα δεν αλλάζουν, σαν μία άρση της αναιρέσεως των πεποιθήσεών του. Την καταδίκη σε φυλάκιση μετάρπωσε ο Ουρβάνος ο Η΄, πρώτα σε περιορισμό στους κήπους της Trinita dei Monti, μετά στη Σιένα και τέλος, από το 1634 και μετά στο σπίτι του στο Αρτσέτρι, έξω από τη Φλωρεντία.

Το 1638 δημοσιεύτηκε στο Leyden το μεγαλύτερο έργο του, « *Διάλογοι και μαθηματικές αποδείξεις για δύο νέες επιστήμες συνδεδεμένες με τη μηχανική και τις τοπικές κινήσεις*», στο οποίο συγκέντρωσε, ανέπτυξε και επεξεργάστηκε τις μελέτες του για τη μηχανική, στις οποίες είχε αφιερώσει σαράντα χρόνια. Αυτό είναι το αποκορύφωμα του έργου του, που έδωσε στη σύγχρονη επιστήμη τους πρώτους νόμους της. Τον ίδιο αυτό χρόνο, ο Γαλιλαίος έχασε σε ολοκληρωτικό βαθμό την όρασή του, ενώ παράλληλα υπέφερε από πόνους κήλης και αϋπνίες, και έτσι του επετράπη να μεταβεί στη Φλωρεντία για ιατρική παρακολούθηση.

Ο Γαλιλαίος συνέχισε να δέχεται επισκέπτες στο Αρτσέτρι μέχρι το 1642, όπου, αφού υπέφερε από πυρετό και καρδιακές αρρυθμίες, πέθανε στις 8 Ιανουαρίου του 1642.

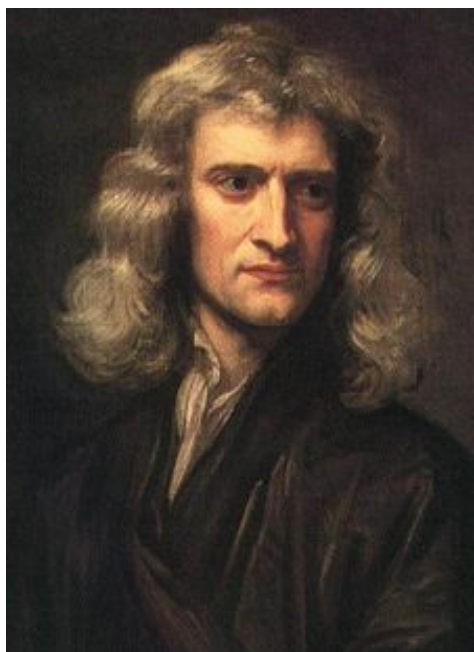
Στις 31 Οκτωβρίου του 1992, περισσότερα από 360 χρόνια μετά τη δίκη του Γαλιλαίου, η Καθολική εκκλησία αποδέχτηκε το σφάλμα της και ζήτησε δημοσίως συγγνώμη για την αδικία που έγινε στο πρόσωπο του Γαλιλαίου. Έτσι ο εκκλησιαστικός μηχανισμός εξουσίας, δεν αναγνώρισε παρά μόνο την προηγούμενη δεκαετία την ορθότητα του ηλιοκεντρικού συστήματος στον αντίποδα του γεωκεντρικού, όταν η επιστήμη είχε προ πολλού προσπεράσει αυτό το δίλλημα και γνώριζε ήδη πως το πλανητικό μας σύστημα δεν είναι παρά ένα αμελητέο υποσύνολο του γαλαξία, ενός γαλαξία από τα δισεκατομμύρια γαλαξιών του σύμπαντος.

## V. Isaac Newton, 1642 - 1726

«Προσφέρω τούτο το έργο σαν τις μαθηματικές αρχές της φιλοσοφίας, γιατί ολόκληρο το φορτίο της φιλοσοφίας φαίνεται να συνίσταται σε τούτο δω – από τα φαινόμενα των κινήσεων να ερευνούμε τις δυνάμεις της φύσης κι ύστερα, από αυτές τις δυνάμεις να αποδεικνύουμε τα άλλα φαινόμενα.[...] Θα ήθελα να μπορούσαμε να συναγάγουμε τα υπόλοιπα φαινόμενα της φύσης με τον ίδιο τρόπο συλλογισμού από μαθηματικές αρχές, γιατί έχω πολλούς λόγους να υποπτεύομαι ότι είναι δυνατό να εξαρτώνται όλα από μερικές δυνάμεις, με τις οποίες τα μόρια των σωμάτων, από αιτίες άγνωστες ακόμα, είτε ωθούνται τα μεν προς τα δε και συνενώνονται σε κανονικές μορφές, είτε απωθούνται και αλληλοαπομακρύνονται. Εφ' όσον οι δυνάμεις αυτές είναι άγνωστες, μάταια επιχείρησαν μέχρι σήμερα οι φιλόσοφοι να ερευνήσουν τη φύση. Ελπίζω, όμως, πως οι αρχές που διατυπώνονται εδώ θα προσφέρουν κάποιο φως είτε σε αυτήν, ή σε κάποια περισσότερο αληθινή μέθοδο της φιλοσοφίας.»

*Is. Newton*

Απόσπασμα, γραμμένο από το Newton, από τον πρόλογο του Principia,



«*Amicus Plato – amicus Aristoteles – magis amica veritas*»

«Ο Πλάτωνας είναι φίλος μου, ο Αριστοτέλης είναι φίλος μου – ο καλύτερος φίλος μου είναι η αλήθεια»

Ο Isaac Newton θεωρείται ένα από τα κορυφαία επιστημονικά μυαλά όλων των εποχών. Ήταν ένας Άγγλος φυσικός, μαθηματικός, αστρονόμος, φυσικός φιλόσοφος, αλχημιστής και θεολόγος. Ο Newton γεννήθηκε – πρόωρα - στις 4 Ιανουαρίου του 1643(25 Δεκεμβρίου του 1642<sup>3</sup>) στο Woolsthorpe.

<sup>3</sup> Οι δύο διαφορετικές ημερομηνίες, όσον αφορά τη γέννηση του Newton, οφείλονται στο γεγονός ότι σε αντίθεση με άλλες χώρες η Αγγλία δεν είχε υιοθετήσει ακόμα το νέο ημερολόγιο που είχε οριστεί από την Εκκλησία.

Ο πατέρας του Newton πέθανε τρεις μήνες πριν από τη γέννηση του γιου του. Η μητέρα του, Hannah Ayscough ξαναπαντρεύτηκε όταν ο Newton ήταν στην ηλικία των τριών ετών, και άφησε την ανατροφή του γιου της στη μητέρα της Margery.

Ο Newton ξεκίνησε την εκπαίδευσή του στο δημόσιο σχολείο του Woolsthorpe, ενώ αργότερα, στην ηλικία των 12 ετών και μέχρι τα 17 του, συνέχισε στο The King's School, στο Grantham. Εκεί είχε και τις πρώτες επαφές του με τη χημεία, λόγω της γνωριμίας του με τον τοπικό φαρμακοποιό William Clarke.

Τον Οκτώβριο του 1659, επέστρεψε στη μητέρα του στο Woolsthorpe, όταν εκείνη χήρεψε για δεύτερη φορά. Η μητέρα του προσπάθησε να τον κάνει αγρότη, αλλά πείστηκε από τον διευθυντή του King's School, Henry Stokes, να επιτρέψει στο γιο της να ολοκληρώσει τις σπουδές του, όπως και τελικά έκανε.

Τον Ιούνιο του 1661, στην ηλικία των 19, ο Newton γίνεται δεκτός στο Trinity College του Cambridge. Την εποχή εκείνη το Trinity διδάσκει μαθήματα βασισμένα στις διδασκαλίες του Αριστοτέλη, όμως ο Newton προτιμά να διαβάσει για τις ιδέες των μοντέρνων φιλοσόφων και των αστρονόμων όπως οι Κοπέρνικος, Γαλιλαίος και Kepler. Το Αύγουστο του 1665 το πανεπιστήμιο κλείνει εξαιτίας μιας επιδημίας πανώλης. Ο Newton επιστρέφει στο Woolsthorpe όπου για τα επόμενα δύο χρόνια εργάζεται πυρετωδώς. Στην περίοδο αυτή ανήκουν οι πρώτες συλλήψεις των ιδεών και των θεωριών που επεξεργάστηκε και ανέπτυξε στο υπόλοιπο της ζωής του. Στο διάστημα αυτό ανάγονται τα πειράματά του για την ανάλυση του φωτός και οι πρώτες μελέτες για τη θεωρία των χρωμάτων, οι χημικές και μεταλλουργικές έρευνές του που είχαν σκοπό την εύρεση του κατάλληλου κράματος για την κατασκευή καλών καθρεφτών, στα χρόνια αυτά έκανε και τις πρώτες σκέψεις που κατέληξαν στη θεωρία της παγκόσμιας έλξης( σε αυτά τα χρόνια ανάγεται επίσης και το ανέκδοτο ότι το πέσιμο ενός μήλου έκανε το Newton να σκεφτεί για την παγκοσμιότητα της δύναμης που το έκανε να πέσει). Ενώ όσο αφορά το χώρο των μαθηματικών, σε αυτά τα χρόνια ανήκει η ανακάλυψη του τύπου για την ύψωση ενός διώνυμου σε οποιαδήποτε δύναμη και η μέθοδος των ευθειών και αντίστροφων διαφορικών (παραγώγων).

Όταν ξαναγύρισε στο Cambridge, το 1667, διορίστηκε “minor fellow” στο Trinity College και τον επόμενο χρόνο πήρε τον τίτλο του διδάκτορα. Στα 1668 κατασκεύασε το πρώτο κατοπτρικό τηλεσκόπιο. Το 1669, πριν ακόμα κλείσει τα 27 χρόνια του, ο Newton, διορίζεται καθηγητής Μαθηματικών στη Λουκασιανή έδρα του Πανεπιστημίου του Cambridge.

Τα είκοσι χρόνια που πέρασε στο Cambridge ήταν αφιερωμένα σε εντατική και αδιάκοπη δράση. Το χρόνο που ανάλαβε τα καθήκοντα του καθηγητή, και μέχρι το 1672, ο Newton παρέδιδε μία σειρά μαθημάτων και διαλέξεων περί οπτικής, που τα συγκέντρωσε στα *Lectiones opticae*, που έμειναν ουσιαστικά ανέκδοτα, και μόνο το 1704, όταν από καιρό είχε πάψει να ασχολείται με την οπτική, συνόψισε στο *Opticus* τις έρευνές του για το φως.

Το 1675 στο έργο του *Hypothesis of Light*, έθεσε την άποψη πως η ύπαρξη αιθέρα μπορεί να μεταδώσει δυνάμεις μεταξύ σωματιδίων. Η επαφή του με το θεόσοφο Henry More, έφερε πίσω στην επιφάνεια το ενδιαφέρον του για την αλχημεία. Αντικατέστησε την ιδέα του αιθέρα με αυθόρμητες δυνάμεις έλξης και άπωσης μεταξύ των σωματιδίων.

Το 1677, ο Newton έστρεψε την προσοχή του στη μηχανική π. χ. η βαρύτητα και η επίδρασή της στις τροχιές των πλανητών, με αναφορά στους νόμους του Kepler για τις πλανητικές κινήσεις, και για το θέμα αυτό συνεργάστηκε με τους Hooke και Flamsteed. Δημοσίευσε τα αποτελέσματά του το 1684 στο «*De Motu Corporum*



*Gyrum*» το οποίο περιείχε και τις βάσεις των νόμων της κίνησης που θα περιέχονταν αργότερα στο «*Principia*».

Κατά το 1679 , έχοντας πλέον εγκαταλείψει σχεδόν τελείως τη οπτική , ο Newton άρχισε να ασχολείται με το πρόβλημα της βαρύτητας – που πριν από δεκαπέντε χρόνια είχε τραβήξει την προσοχή του – στη μελέτη του οποίου η μαθηματική επεξεργασία αντικαθιστά την πειραματική, που χαρακτήριζε τις πρότερες έρευνές του στην οπτική.

Το «*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*» γνωστό και ως «*Principia*» δημοσιεύτηκε στις 5 Ιουλίου του 1687 με την ενθάρρυνση και την οικονομική ενίσχυση του Edmond Halley. Στο έργο αυτό, ο Newton περιέγραψε την παγκόσμια έλξη - προκειμένου να ορίσει το νόμο της βαρύτητας, χρησιμοποίησε τη λατινική λέξη *gravitas*, δηλαδή βάρος - και έδωσε τους τρεις νόμους της κίνησης, θέτοντας έτσι τα θεμέλια της Κλασικής Μηχανικής. Οι θεωρίες του επικράτησαν στις επιστημονικές απόψεις για το φυσικό κόσμο για τους επόμενους τρεις αιώνες και αποτέλεσαν τη βάση για τη μοντέρνα μηχανική. Ο Newton έδειξε ότι η κίνηση των αντικειμένων στη γη και στα ουράνια σώματα διέπονται από τους ίδιους φυσικούς νόμους, επιδεικνύοντας τη συνοχή μεταξύ των νόμων του Kepler για τις πλανητικές κινήσεις και τη δικής του θεωρίας για τη βαρύτητα. Στο ίδιο έργο παρουσίασε το πρώτο αναλυτικό ορισμό, βασισμένος στο νόμο του Boyle, για την ταχύτητα του ήχου στον αέρα. Το «*Principia*» θεωρείται ως το βιβλίο που επηρέασε περισσότερο από κάθε άλλο την ιστορία των επιστημών.

Με το «*Principia*» ο Newton έγινε παγκόσμια γνωστός. Απέκτησε έναν κύκλο θαυμαστών, συμπεριλαμβανομένου και του Ελβετού μαθηματικού Nicolas Fatio de Duillier, με τον οποίο είχε στενές σχέσεις μέχρι το 1693.

Τη δεκαετία του 1690, ο Newton ασχολείται με θεολογικά θέματα, επηρεασμένος πιθανώς και από τις απόψεις του φίλου του Henry More για τον κόσμο, και γράφει έναν αριθμό από θρησκευτικές προπαγάνδες που είχαν να κάνουν με την κυριολεκτική μετάφραση της βίβλου.

Ο Newton ήταν επίσης μέλος του Κοινοβουλίου της Αγγλίας από το 1689 έως το 1690 και το 1701. Η δημοσίευση του «*Principia*» είχε αυξήσει το ήδη σημαντικό κύρος του Newton με αποτέλεσμα τον ίδιο χρόνο που δημοσιεύτηκε το έργο του, ο Newton να γίνει μέλος μιας επιτροπής που πήγε στο βασιλιά Ιάκωβο Β΄ για να προστατέψει τα δικαιώματα του πανεπιστημίου του Cambridge – αποστολή που σημείωσε επιτυχία κυρίως με τη σταθερότητα του Newton – και το επόμενο έτος το πανεπιστήμιο να τον εκλέξει αντιπρόσωπό του στο Κοινοβούλιο που συγκάλεσε ο Γουλιέλμος της Οράγγης. Αυτή ήταν η αρχή της δημόσιας δράσης που σιγά- σιγά απομάκρυνε το Newton από την επιστημονική έρευνα. Παρά το κύρος του όμως, τα μόνα καταγεγραμμένα σχόλιά, το διάστημα της δράσης του στο Κοινοβούλιο, του αφορούν παράπονα για ένα ψυχρό ρεύμα αέρος και την αίτησή του για το κλείσιμο του παραθύρου.

Από το 1691 ως το 1694, πέρασε μία περίοδο σοβαρής νευρικής κατάπτωσης, που οφειλόταν ίσως στην εντατική εργασία του για τη συγγραφή των *Αρχών* και επιδεινώθηκε από τον πόνο του για το θάνατο της μητέρας του (1689) και – από την θλίψη για την πυρκαγιά του εργαστηρίου του (1691), στην οποία καταστράφηκαν τα όργανα και πολλά χαρτιά του. Στα πραγματικά αυτά γεγονότα στηρίζονται τα λεγόμενα περί τρέλας του Newton, τα οποία καλλιέργησαν οι ζηλότυποι εχθροί του, αλλά δεν ανταποκρίνονται στα γεγονότα ` πολλά από τα γράμματα του Newton αυτής της περιόδου μαρτυρούν διαύγεια μυαλού που αποκλείει τη φρενοπάθεια του συγγραφέα τους.

Το 1696, ο Newton μετακόμισε στο Λονδίνο όπου με τη φροντίδα του φίλου του Charles Montagu, διορίστηκε επιθεωρητής του Βασιλικού Νομισματοκοπείου, θέση για την οποία τον συνιστούσαν οι έρευνές του πάνω στη χημεία και στη μεταλλουργία. Αργότερα (1699) ανέλαβε τη θέση του διευθυντή, θέση που κράτησε μέχρι και το θάνατό του. Ο Newton παίρνει πολύ σοβαρά τα καθήκοντα του στο νομισματοκοπείο και έτσι το 1701 παραιτείται από τη θέση του στο Cambridge και προσπαθεί να αναδημιουργήσει το τρέχων νόμισμα και να τιμωρήσει τους κλέφτες και τους παραχαράκτες. Το 1717 σαν διευθυντής του νομισματοκοπείου αλλάζει τις λίρες σε χρυσές. Η δράση του στο νομισματοκοπείο, και όχι η προηγούμενη συνολική προσφορά του στον επιστημονικό κόσμο, ήταν αυτή που έκανε τη Βασίλισσα Άννα να του δώσει τον τίτλο του Ιππότη το 1705.

Ο Newton το 1703 έγινε πρόεδρος της Βασιλικής Εταιρείας (Royal Society), όπου ανέπτυξε εξαιρετική δράση, και συνεργάτης της Γαλλικής ακαδημίας των Επιστημών. Με τη θέση του στη Βασιλική Εταιρεία ο Newton κάνει έναν εχθρό, τον βασιλικό αστρονόμο John Flamsteed, δημοσιεύοντας πρόωρα τον κατάλογο αστερών του Flamsteed, τον οποίο ο Newton είχε χρησιμοποιήσει στις μελέτες του.

Το 1704 ο Newton δημοσιεύει το έργο του *Opticks* στο οποίο εκθέτει τη θεωρία του για τη σωματιδιακή φύση του φωτός. Ο Newton κατασκεύασε επίσης μία πρώιμη μορφή ηλεκτροστατικής γεννήτριας, χρησιμοποιώντας μία γυάλινη σφαίρα.

Τις τελευταίες δεκαετίες της ζωής του, η επιστημονική δράση του ήταν αρκετά περιορισμένη – αν εξαιρεθεί η εντατική εργασία για τη δεύτερη έκδοση των *Αρχών*, που την έκανε σε συνεργασία με το νεαρό μαθηματικό Κωτς επί τέσσερα χρόνια (1709-1713) – και ο επιστήμονας αφιερώθηκε κυρίως σε θεολογικά και ιστορικά θέματα, για τα οποία είχε δείξει ενδιαφέρον από την εποχή που ήταν φοιτητής και σε ένα έργο για τη χρονολογία της αρχαιότητας, στο οποίο ασχολήθηκε, έστω και με διακοπές, σαράντα περίπου χρόνια. Στα μαθηματικά, ο Newton μοιράστηκε με τον Gottfried Leibniz τα εύσημα για την ανάπτυξη του διαφορικού ή ολοκληρωτικού λογισμού. Η μελέτη των καμπύλων με αλγεβρικές μεθόδους, των αλγεβρικών εξισώσεων και πολλοί κλάδοι της μαθηματικής γνώσης εκθέτονται με πρωτότυπο πάντα τρόπο στη «*Γενική Αριθμητική*» του.

Κατά το 1725 η υγεία του Newton που ήταν πάντα άριστη – αν και από παιδί ήταν λεπτοκαμωμένος – άρχισε να κλονίζεται και μετακόμισε στο Kensington, τότε προάστιο του Λονδίνου. Στις 28 Φεβρουαρίου 1727 μπόρεσε ακόμα και να προεδρεύσει σε μία συνεδρίαση της Βασιλικής Εταιρείας, αλλά το ίδιο βράδυ είχε μία κρίση από την οποία δε συνήλθε. Πέθανε στο Λονδίνο στις 31 Μαρτίου 1727 (20 Μαρτίου 1726<sup>4</sup>) και θάφτηκε στο Αβαείο του Westminster. Μετά το θάνατό του, στο σώμα του Newton βρέθηκαν μεγάλες ποσότητες υδραργύρου, πιθανό αποτέλεσμα των πειραμάτων του στην αλχημεία. Η δηλητηρίαση από υδράργυρο θα μπορούσε να εξηγήσει τον εκκεντρικό τρόπο ζωής του Newton τα τελευταία χρόνια της ζωής του.

Η επίδραση του έργου του Newton στην κατοπινή εξέλιξη της επιστήμης ήταν κολοσσιαία – σχεδόν επί δύο αιώνες, ως την εμφάνιση της θεωρίας της σχετικότητας και την ανάπτυξη της θεωρίας των κβάντα, το ιδανικό των φυσικών ήταν να στηρίζουν όλη τη φυσική στα θεμέλια που έθεσε ο Newton.

Το 2005 ο Newton ψηφίστηκε σαν το άτομο με την μεγαλύτερη επιρροή στην ιστορία των επιστημών, επιρροή μεγαλύτερη και από αυτή του Einstein.

---

<sup>4</sup> Οι δύο διαφορετικές ημερομηνίες, όσον αφορά το θάνατο του Newton, οφείλονται στο γεγονός ότι σε αντίθεση με άλλες χώρες η Αγγλία δεν είχε υιοθετήσει ακόμα το νέο ημερολόγιο που είχε οριστεί από την Εκκλησία.

## **Βιβλιογραφία**

- «Η Εποχή των Επαναστάσεων» -
- Σημειώσεις του Μαθήματος «Εισαγωγή στην Ιστορία και τη Φιλοσοφία των Επιστημών» - Καρτσωνάκης Μανώλης
- Εγκυκλοπαίδεια «Νέα Δομή»
- Εγκυκλοπαίδεια «Πάπυρος –Larousse - Britannica»
- «Χημεία» Β΄ Τάξη Ενιαίου Λυκείου
- «Η Συγκρότηση της Σύγχρονης Επιστήμης» - R. S. Westfall, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
- «Η Καταγωγή της Σύγχρονης Επιστήμης» - H. Butterfield, Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης
- «Οι φυσικές Επιστήμες τον Μεσαίωνα» - Edward Grant, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
- «Η Γέννηση της Σύγχρονης Επιστήμης στην Ευρώπη» - P. Rossi, Ελληνικά Γράμματα
- «Οι Απαρχές της Δυτικής Επιστήμης» - D. C. Lindberg, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
- «Επιστήμη και Διαφωτισμός» - T. Hankins, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης

### **Πηγές Online**

- [www.britanica.com](http://www.britanica.com) - Online Εγκυκλοπαίδεια
- [www.live-pedia.com](http://www.live-pedia.com) - Online Εγκυκλοπαίδεια
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) – Online Εγκυκλοπαίδεια
- [www.vatican.va](http://www.vatican.va) – Επίσημη Σελίδα Βατικανού
- [www.noa.gr](http://www.noa.gr) - Αστεροσκοπείο Αθηνών
- [www.stanford.edu](http://www.stanford.edu) – Πανεπιστήμιο Stanford
- [www.physics4u.gr](http://www.physics4u.gr) – Site Φυσικής