

Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας (1687)

(Mathematical Principles of Natural Philosophy – Philosophiae Naturalis Principia Mathematica)

Το έργο αυτό, όπως και η «Οπτική», πέρασε πολλά στάδια ωςότου εκδοθεί. Τις περισσότερες από τις ιδέες που καταγράφει ο Νεύτωνα, τις είχε συλλάβει πολύ νωρίτερα όντας ακόμη φοιτητής. Έναυσμα στάθηκε η επίσκεψη του Halley τον Αύγουστο του 1684, ο οποίος ζητούσε απάντηση σε κάποια ερωτήματά του. Είχε προηγηθεί ο προβληματισμός και η μελέτη από τρεις μεγάλους επιστήμονες, τον Robert Hooke, τον Christopher Wren και τον Edmond Halley, του νόμου του αντίστροφου τετραγώνου της απόστασης μεταξύ πλανητών και Ήλιου, προκειμένου να υπολογίσουν την τροχιά τους. Όλοι είχαν στο μυαλό τους αυτόν τον νόμο, όμως μόνο ο Νεύτωνα φαίνεται ότι μπόρεσε τελικά να δώσει απάντηση σε όλα σχεδόν τα ερωτήματα. Όταν λοιπόν ο Halley ρώτησε τον Νεύτωνα πώς θα ήταν η καμπύλη που θα διέγραφε ένας πλανήτης, αν θεωρηθεί δεδομένο ότι η δύναμη της έλξης πλανήτη- Ήλιου ήταν αντιστρόφως ανάλογη προς το τετράγωνο της απόστασής του από αυτόν (ποια θα ήταν η τροχιά ενός σώματος που έλκεται από σταθερό σημείο με δύναμη αντίστροφου τετραγώνου), ο Νεύτωνα απάντησε αμέσως ότι θα ήταν έλλειψη και θα είχε το κέντρο έλξης στην εστία της. Ο Halley απόρησε και ο Νεύτωνα τον διαβεβαίωσε ότι το είχε υπολογίσει. Επειδή όμως δεν μπορούσε να βρει τους υπολογισμούς του, το απέδειξε πάλι με δύο διαφορετικούς μαθηματικούς τρόπους. Τελικά, ο Halley έλαβε, αντί για απλούς υπολογισμούς, μια μικρή πραγματεία εννέα σελίδων με τίτλο «De motu corporum in gyrum» (Περί της κινήσεως των σωμάτων σε τροχιά) που περιείχε τις αρχές της Μηχανικής και ήταν βασισμένη σε διαλέξεις του Νεύτωνα. Η πραγματεία αποδείκνυε τον δεύτερο και τον τρίτο νόμο του Johannes Kepler. Άφηνε να εννοηθεί ότι οι κεντρομόλοι έλξεις που χαρακτηρίζονται από τη σχέση του αντίστροφου τετραγώνου υπάρχουν παντού στη φύση. Ο Halley αναγνώρισε τη σπουδαιότητα του έργου και επηρέασε τον Νεύτωνα να δημοσιεύσει την πραγματεία του. Τελικά, με την (ηθική μόνο) υποστήριξη της Βασιλικής Εταιρίας του Λονδίνου και δικά του έξοδα το κατόρθωσε. Η πραγματεία «De motu corporum in gyrum» αποτελείτο αρχικά από τέσσερα θεωρήματα και πέντε προβλήματα που πραγματεύονταν την κίνηση σε χώρο που δεν παρουσιάζει αντίσταση. Μετά, ο Νεύτωνα έλαβε υπόψη την αντίσταση των μέσων μέσα στα οποία κινούνται τα σώματα. Στη συνέχεια, άρχισε να ζητά στοιχεία για ακριβέστερους υπολογισμούς από τον John Flamsteed, σπουδαίο αστρονόμο της εποχής. Στην προσπάθειά του αυτή αποκόπηκε τελείως από τους ανθρώπους και τα γεγονότα του Πανεπιστημίου. Αυτή η έρευνα τον κυρίευσε πλήρως. Η ζωή του από το 1684 μέχρι το 1686 θα λέγαμε ότι ήταν μια άγραφη σελίδα. Ο Νεύτωνα δεν γνώριζε πού θα τον οδηγούσε αυτή η απόπειρα ούτε τι απαιτήσεις θα είχε. Μετά από τις διάφορες αναθεωρήσεις και διορθώσεις στο «De motu corporum in gyrum», ο Νεύτωνα όρισε την κεντρομόλο δύναμη (ο Christiaan Huygens είχε μιλήσει για φυγόκεντρο δύναμη), την έμφυτη δύναμη (όχι του σώματος αλλά της ύλης, αργότερα *vis inertiae* ή δύναμη της αδράνειας) και την ασκούμενη δύναμη (η δύναμη αυτή συνίσταται μόνο στη δράση και δεν μένει στο σώμα όταν ολοκληρωθεί αυτή η δράση), ενώ διατύπωσε κάποιους από τους νόμους της κίνησης που περιλαμβάνονται και στις «Αρχές» (*Principia*), προχωρώντας σε μια Δυναμική με ποσοτική ακρίβεια. Ο Νεύτωνα χρησιμοποίησε τον όρο «νόμος» και όχι «υπόθεση».

Οι «Αρχές» ολοκληρώθηκαν σε δεκαοχτώ μήνες και ίσως αποτελούν το σπουδαιότερο επιστημονικό χειρίδιο που έχει γραφτεί ποτέ. Αρχικά γράφτηκε στα Λατινικά που ο Νεύτωνα γνώριζε πολύ καλά. Η



Εικόνα Isaac Newton (1642–1727)

τρίτη του έκδοσης, το 1725, είναι 547 σελίδες και χωρίζεται σε τρία μέρη-Βιβλία. Αυτά είναι γραμμένα στα πρότυπα της ελληνικής Γεωμετρίας και για αυτό χρησιμοποιούνται οι γεωμετρικές αποδείξεις. Ο Νεύτωνας έγραψε σκόπιμα τους νόμους δυσνόητους από μαθηματική άποψη, για να γίνονται κατανοητοί μόνο από ικανούς μαθηματικούς.

Στην αρχή έχει έναν πρόλογο όπου εισάγει ορισμούς και αξιώματα. Ορίζει ότι η μάζα, η ποσότητα της ύλης, είναι το μέτρο της ίδιας της ύλης που προκύπτει από κοινού από την πυκνότητα και τον όγκο της. Υπολογίζεται από το βάρος κάθε σώματος, γιατί είναι ανάλογη του βάρους, όπως βρήκε από πειράματα με εκκρεμή που έγιναν με μεγάλη ακρίβεια.

Ασχολήθηκε με τις έννοιες του χρόνου και του χώρου.

Διατύπωσε του τρεις νόμους της κίνησης:

1. Κάθε σώμα εξακολουθεί να ηρεμεί ή να κινείται με σταθερή ταχύτητα, εκτός αν εξαναγκάζεται να αλλάξει την κατάστασή του από δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό.
2. Η μεταβολή της κίνησης είναι ανάλογη της κινητήριας δύναμης που ασκείται και λαμβάνει χώρα κατά την κατεύθυνση της ασκούμενης δύναμης.
3. Σε κάθε δράση εμφανίζεται πάντα μια ίση αντίδραση ή οι αμοιβαίες δράσεις δύο σωμάτων είναι πάντα αντίθετες.

Ακολουθεί το 1ο Βιβλίο στο οποίο περιγράφει την έννοια του ορίου και ακολουθεί μια μελέτη για τη Μηχανική. Μελετά την κίνηση με την επίδραση κεντρικών δυνάμεων και τον νόμο του αντιστρόφου τετραγώνου. Στη συνέχεια, κάνει γεωμετρική μελέτη των κωνικών τομών και κλείνει με τη μελέτη της έλξης από σώματα με διαστάσεις.

Στο 2ο Βιβλίο μελετά την κίνηση σε μέσα που παρουσιάζουν αντίσταση. Ο Νεύτωνας υποθέτει ότι η αντίσταση είναι ανάλογη της ταχύτητας ή του τετραγώνου της ταχύτητας και μελετά και τις δύο περιπτώσεις. Στη συνέχεια, μελετά την πυκνότητα και τη συμπίεσιότητα των υγρών, όπως επίσης και στοιχεία Υδροστατικής. Ακολουθεί η μελέτη της αντίστασης του μέσου στην κίνηση του εκκρεμούς και της επίδρασης του σχήματος ενός σώματος το οποίο κινείται σε ένα μέσο. Το τελευταίο κομμάτι του βιβλίου αυτού είναι αφιερωμένο στη μελέτη των κυμάτων, αποδίδοντας φόρο τιμής στον Huygens. Εξετάζει τα κύματα στο νερό και στον αέρα, υπολογίζει την ταχύτητα διάδοσης του ήχου και στο τέλος μελετά τα περιστρεφόμενα υγρά (στροβίλους).

Το 3ο Βιβλίο, το οποίο έχει τίτλο «Σύστημα του κόσμου», εφαρμόζει τις αρχές που ανέπτυξε στα δύο προηγούμενα μέρη στο πλανητικό σύστημα. Υπάρχει μια εισαγωγή με τους κανόνες διαλεκτικής στη Φιλοσοφία όπου ο Νεύτωνας αναφέρεται σε σημαντικά επιστημολογικά θέματα και στη διαιρετότητα της ύλης. Στη συνέχεια, προβαίνει στην περιγραφή αστρονομικών φαινομένων που παρατήρησε, δηλαδή στην κίνηση των δορυφόρων και των πλανητών και τα εξηγεί ποσοτικά και με λεπτομέρεια, έχοντας ως στήριγμα την παγκόσμια βαρύτητα. Το βιβλίο κλείνει με ένα γενικό σχόλιο όπου ο Νεύτωνας αντιμάχεται την καρτεσιανή υπόθεση των στροβίλων, παραθέτει την άποψή του για τον Θεό και τέλος εκθέτει τις ιδέες του για την επιστημονική Φιλοσοφία. Στο κείμενο αυτό κάνοντας λόγο για την τάξη του σύμπαντος αναφέρει:

«... Έως τώρα δεν μπόρεσα να ανακαλύψω από τα φαινόμενα το αίτιο αυτών των ιδιοτήτων της βαρύτητας και δεν διατυπώνω Υποθέσεις («Hypotheses non fingo), γιατί οτιδήποτε δεν συνάγεται από τα φαινόμενα πρέπει να καλείται υπόθεση. Και οι υποθέσεις, είτε μεταφυσικές είτε φυσικές είτε απόκρυφες ιδιοτήτων είτε μηχανικών, δεν ανήκουν στην πειραματική Φιλοσοφία. Σε αυτήν τη Φιλοσοφία συγκεκριμένες προτάσεις συνάγονται από τα φαινόμενα και κατόπιν επαγωγικά καθίστανται γενικές. Έτσι, ανακαλύφθηκαν το αδιαπέραστο, η κινητικότητα και η αυθόρμητη δύναμη των σωμάτων, καθώς και οι νόμοι της κίνησης και της βαρύτητας ...»

Το έργο έγινε γρήγορα διάσημο τόσο στην Αγγλία όσο και στην ηπειρωτική Ευρώπη. Οπαδοί του Νεύτωνα και «συνεχιστές» υπήρξαν οι Johann Bernoulli, Leonhard Euler, Jean d'Alambert. Η επιτυχία ήταν κολοσσιαία. Όχι μόνο μπορούσε να προβλέψει με πολύ μεγάλη ακρίβεια τις κινήσεις των ουρανίων σωμάτων, αλλά κάθε φαινόμενο έπρεπε να εξηγηθεί μέσα στο νευτώνειο πλαίσιο. Η επίδραση αυτού του έργου προκάλεσε μια μανία που θυμίζει τη μανία για τη θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν διακόσια χρόνια αργότερα.

Απόσπασμα από το έργο:

Πολλαπλές Αναπαραστάσεις (<https://photodentro.edu.gr/edusoft/r/8531/309>)

Διαθεματική προσέγγιση (επιστημολογική-φιλοσοφική) μέσω πολλαπλών αναπαραστάσεων στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Περιέχει προσομοιώσεις πειραμάτων για την κίνηση στο κεκλιμένο επίπεδο, για τις διαδοχικές κινήσεις σωμάτων, για το ηλεκτρικό πεδίο και τα λογικά κυκλώματα και άλλα. Περιλαμβάνονται επίσης κείμενα ιστορίας και φιλοσοφίας των επιστημών σχετικά με τα προσομοιωμένα πειράματα.