



Ιστορία Φυσικών Επιστημών

Εαρινό εξάμηνο 2014

Φαίδρα Παπανελοπούλου

<http://eclass.uoa.gr/courses/PHS222/>

Νεύτωνας

- Διαφορικός Λογισμός
- Θεωρία των Χρωμάτων
- Νόμος Παγκόσμιας Ελξης

- *Principia (Philosophiae Naturalis Principia Mathematica)* – 1687

[ορθολογική μηχανική: μελέτη της κίνησης που προέρχεται από οποιαδήποτε δύναμη, και των δυνάμεων που απαιτούνται για οποιοσδήποτε κινήσεις. Υπέρβαση του Καρτεσιανού μοντέλου κρούσης. Εισαγωγή της έννοιας της ελκτικής δύναμης. Απόδειξη των νόμων του Κέπλερ, και απόρριψη του μοντέλου των Καρτεσιάνων δινών]

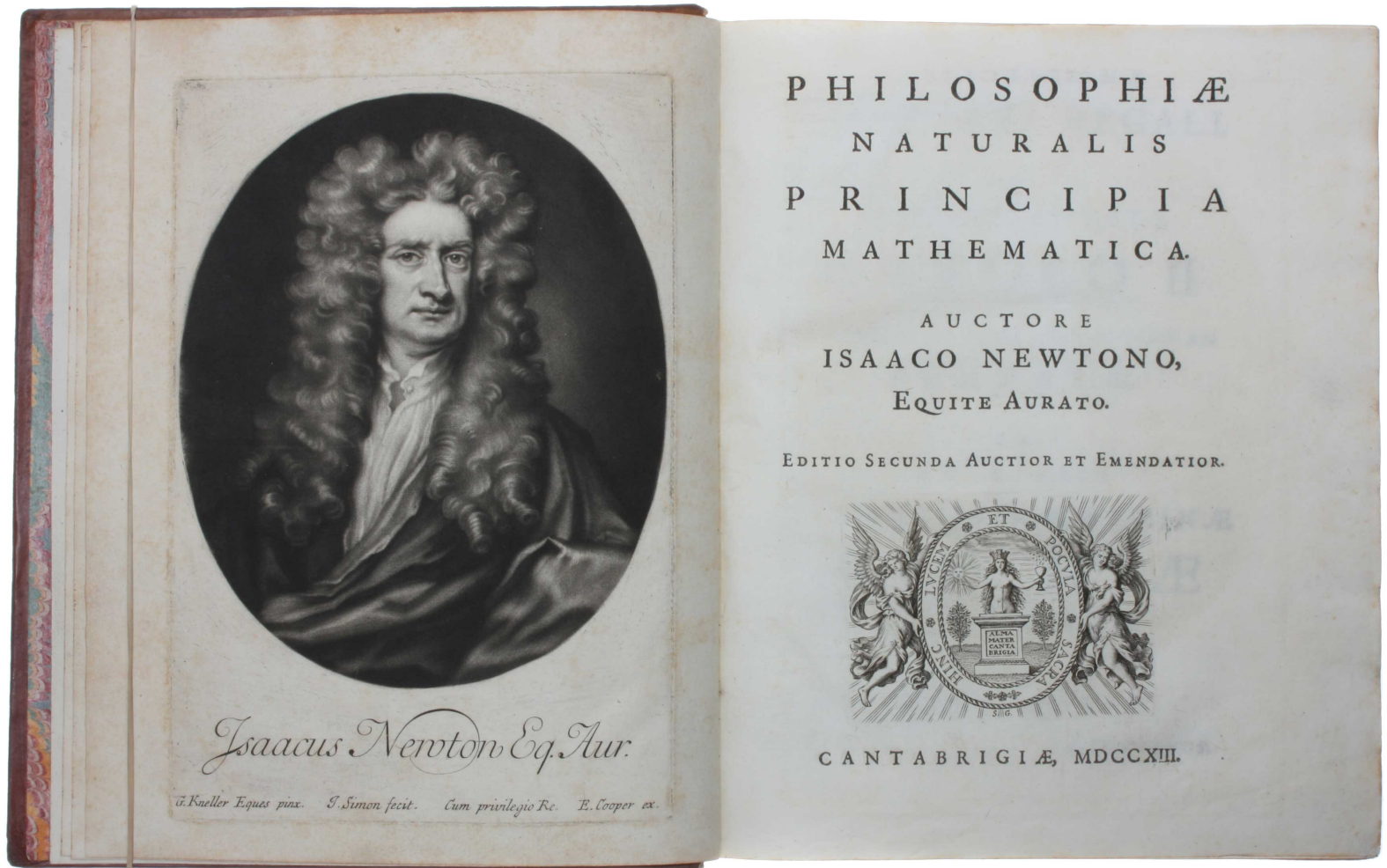
- *Opticks* – 1704

[Μελέτη του φωτός στα πλαίσια της μηχανικής φιλοσοφίας. Πειραματική μέθοδος και επεξεργασία ατομικού προτύπου ύλης. «Ερωτήματα» (queries): θεωρητικοί και μεταφυσικοί στοχασμοί για τη φύση της ύλης, της ελκτικής δύναμης κτλ.]

Νευτώνεια Σύνθεση

- Θεωρία και πείραμα αντιμετωπίζονται επί ίσοις όροις.
- Συνδυασμός φυσικής (επιστήμη της μετρικής) με μαθηματικά (γλώσσα των μεγεθών). [Ο Πλάτωνας και ο Αριστοτέλης είχαν χωρίσει τους δύο κλάδους, ο Γαλιλαίος επιχείρησε να τους συνενώσει χωρίς τον απαιτούμενο βαθμό γενίκευσης, ο Descartes τους διέκρινε ξανά].
- Ενώνει τη φυσική με την αστρονομία σε μια ενιαία επιστήμη για την κινούμενη ύλη.
- Τοποθετώντας τη βαρύτητα μέσα στο κενό, συμβιβάζει τη συνέχεια του χώρου και την ασυνέχεια της ύλης. [συνδέει την πλατωνικό-αρχιμήδεια παράδοση με τον ατομισμό].

Principia, 2η έκδοση 1713



«Γενικό Σχόλιο»

- Αντιτίθεται στη φυσική φιλοσοφία του Descartes και του Leibnitz, και συζητάει και μεθοδολογικά, θεολογικά και μεταφυσικά ζητήματα.
- Απαντάει στην κριτική που του ασκήθηκε για την εισαγωγή δυνάμεων εξ αποστάσεως:

«Αλλά ως τώρα δεν κατόρθωσα να ανακαλύψω από τα φαινόμενα την αιτία αυτών των ιδιοτήτων της βαρύτητας και δεν επινοώ υποθέσεις (hypotheses non fingo). Γιατί οτιδήποτε δε συνάγεται από φαινόμενα πρέπει να ονομάζεται υπόθεση και οι υποθέσεις είτε αναφέρονται σε αποκρυφιστικές ιδιότητες είτε σε μηχανικές, δεν έχουν θέση στην πειραματική φιλοσοφία».

«Γενικό Σχόλιο»

- Μεθοδολογία
- *«Σε αυτή τη φιλοσοφία συγκεκριμένες προτάσεις συνάγονται από τα φαινόμενα, και έπειτα μέσω της επαγωγής καθίστανται γενικές. Με τον τρόπο αυτό ανακαλύφθηκαν η αδιαπερατότητα, η κινητικότητα και η ορμή των σωμάτων, οι νόμοι της κίνησης και της βαρύτητας. Και για εμάς αρκεί, το ότι η βαρύτητα όντως υπάρχει, δρα με τους νόμους που έχουμε διατυπώσει, και μπορεί να εξηγήσει όλες τις κινήσεις των ουρανίων σωμάτων αλλά και της θάλασσάς μας»*

«Γενικό Σχόλιο»

Θεολογικές απόψεις

- Η κανονικότητα των πλανητικών κινήσεων δεν εξαρτάται από μηχανικές αρχές:

«Αυτό το τόσο όμορφο σύστημα του Ηλίου, των πλανητών και των κομητών δεν θα μπορούσε να προκύψει δίχως την παρουσία και την καθοδήγηση ενός ευφυούς και παντοδύναμου Είναι».

Προσπαθεί να διαλύσει τις ντεϊστικές τάσεις της καρτεσιανής φιλοσοφίας, και διερευνά το σύμπαν για αποδείξεις της ανάμειξης του Θεού.

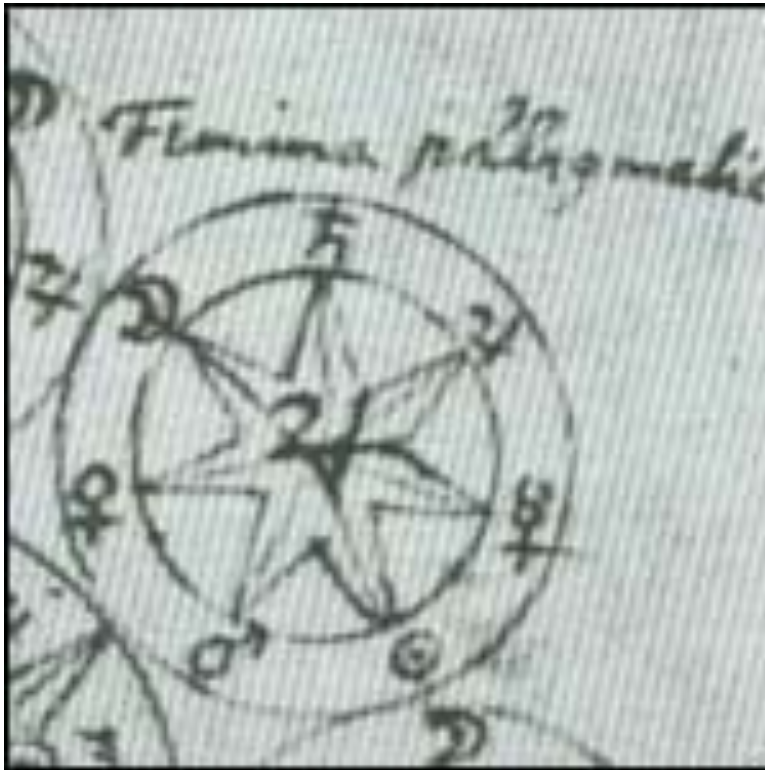
Τα πάντα στη φύση είναι αποτέλεσμα τόσο της μηχανικής δράσης, όσο και της θειικής βούλησης.

- Αναζητώντας αποδείξεις για την ανάμειξη του Θεού, ο Νεύτωνας δημιούργησε έναν Θεό κατ'είκόνα του, μια θείκη νοημοσύνη «με μεγάλες ικανότητες στη μηχανική και τη γεωμετρία».
- Η διάταξη του σύμπαντος οφείλεται σε έναν εξαιρετικό υπολογισμό εκ μέρους του Θεού, ο οποίος έπρεπε να υπολογίσει τις «αποστάσεις των κύριων πλανητών από τον Ηλιο και των δευτερευόντων από τον Κρόνο, από τον Δία και από τη Γη, και τις ταχύτητες με τις οποίες αυτοί οι πλανήτες θα μπορούσαν να περιφέρονται σε τέτοιες αποστάσεις γύρω από τις ποσότητες αυτές της ύλης σε κεντρικά σώματα».

- Επιχειρηματολογεί χωρίς δυσκολία για την ύπαρξη ενός νοήμονος Οντος, υπεύθυνο για την αρχική δημιουργία.
- Επιθυμεί να υποστηρίξει την ύπαρξη πρόνοιας του Θεού μετά από τη Δημιουργία.
- Περιγράφει μια εικόνα κατά την οποία ο Θεός έχει λάβει όλα τα μέτρα ώστε να ελαχιστοποιήσει κάθε αποσταθεροποιητική δύναμη και ταυτόχρονα θέλει ο κόσμος να έχει και πάλι ανάγκη την παρέμβασή του. [Το ηλιακό σύστημα χρειάζεται περιστασιακή «αναμόρφωση»-π.χ. κομήτες]
- [\neq Leibniz- αν το δημιούργημα του Θεού χρειάζεται επιδιόρθωση, αυτό είναι υποτιμητικό για τις δημιουργικές ικανότητες και επιδόσεις Του]

- Τον 18ο αιώνα, οι Γάλλοι διαφωτιστές θεωρούσαν τα θρησκευτικά ενδιαφέροντα νοσηρά.
- Από τον 18 ως και τον 20ο αιώνα η φήμη του Νεύτωνα οφειλόταν στα Principia και την Οπτική του.
- Μετά το θάνατό του, η Βασιλική Εταιρεία αρνήθηκε να αποκτήσει όσα χειρόγραφα του Νεύτωνα είχαν να κάνουν με θρησκευτικά και αλχημικά ζητήματα.
- Ο επιμελητής των έργων του, Samuel Horsley, τα αγνόησε εσκεμμένα.
- Το 1936 ο οικονομολόγος John Maynard Keynes αποκτά ένα μεγάλο μέρος των χειρογράφων αυτών, και αποκαλεί τον Νεύτωνα τον τελευταίο μάγο και όχι τον πρώτο σύγχρονο επιστήμονα.
- Τα χειρόγραφα αυτά δείχνουν ότι οι καθαρά «επιστημονικές» δραστηριότητες του Νεύτωνα αποτελούσαν ένα πολύ μικρό ποσοστό των δραστηριοτήτων του (αλχημεία και θεολογία).

Αναθεώρηση των αλχημικών δραστηριοτήτων του Νεύτωνα.



- Στο παρελθόν η επιστημονική επανάσταση του 17ου αιώνα ταυτιζόταν με μια ρήξη με τον μυστικισμό που οδήγησε στον ορθολογισμό του 18ου αιώνα.
- Η αλχημεία θεωρούνταν μια μη-επιστημονική πρακτική, και οι πρώτοι βιογράφοι του Νεύτωνα είχαν αγνοήσει το ενδιαφέρον του για την αλχημεία.

Χημεία-Αλχημεία

- Κατά τον 17ο αιώνα, η χημεία και η αλχημεία είναι πρακτικές με κοινά στοιχεία αλλά και αρκετές διαφορές.
- Χειρισμός και μεταστοιχείωση διαφόρων μορφών ύλης μέσω χημικών τεχνικών
- Διαφορετικοί στόχοι: α) διερεύνηση των ουσιών, β) μεταστοιχείωση των μετάλλων σε χρυσό, φιλοσοφικής λίθος, ελιξίριο της ζωής
- Η δραστηριότητα των αλχημιστών είναι τελεολογική και βασίζεται στην ταύτιση της φύσης με τη μεταβολή που λαμβάνει χώρα στο σύμπαν, και στο ότι η ύλη είναι κοινή σε όλα τα σώματα [Η φύση μεταβάλλεται με στόχο την τελειώσή της. Αν οι αλχημιστές κατανοήσουν τις λειτουργίες της φύσης θα μπορέσουν να τις στρέψουν προς το όφελός τους].
- Ο Νεύτωνας δεν συμμερίζεται τους παραδοσιακούς σκοπούς των αλχημιστών- θεωρεί ότι μέσω της αλχημείας θα μπορέσει να επιλύσει τα θεολογικά και επιστημονικά προβλήματα που απορρέουν από τη μηχανιστική φιλοσοφία του 17ου αιώνα.

Θεολογία

- Εκτός από την αλχημεία ο Νεύτωνας αφιέρωσε ένα μεγάλο μέρος του χρόνου του σε θεολογικές έρευνες.
- Οι πρώτοι βιογράφοι του θεωρούσαν τις μελέτες αυτές ως άσχετες με τις υπόλοιπες και τις τοποθετούσαν στο πλαίσιο της προσωπικής του πίστης.
- Η ενασχόληση του Νεύτωνα με την ερμηνεία των Γραφών, τις προφητείες και τις προσπάθειες αποκατάστασης της αληθινής θρησκείας των πρώτων Χριστιανών παρουσιαζόταν ως μια παράπλευρη δραστηριότητα που δεν είχε σχέση με την αλχημεία ούτε με τη φυσική φιλοσοφία.
- Η Betty-Jo Dobbs είναι από τις πρώτες ιστορικούς που έδειξε ότι οι αλχημικές μελέτες του Νεύτωνα συνδέονταν με τη θεολογικές αναζητήσεις του, και είχαν άμεση επίδραση στη φυσική φιλοσοφία του.



- Ασχολείται με τη θεολογία μετά τις σπουδές του.
- Το Κολέγιο Trinity υποχρεώνει τα μέλη του να χειροτονηθούν κληρικοί μέσα σε 7 χρόνια από την αποφοίτησή τους (ο Ν. το αποφεύγει)
- 1667 εκλέγεται fellow του Trinity και καταπιάνεται με θεολογικές μελέτες.
- Η ενασχόλησή του με θεολογικές μελέτες μπορεί να ειπωθεί στο πλαίσιο της φυσικής θεολογίας.
- Φυσική θεολογία: η φύση αποκαλύπτει την ύπαρξη ενός καλοκάγαθου Δημιουργού.

Επιχειρηματολογώντας υπέρ της Θείας πρόνοιας: ο ρόλος της αλχημείας

- Στα φοιτητικά του χρόνια ο Νεύτωνας είναι οπαδός μηχανοκρατικών και ατομιστικών θεωρήσεων για τη φύση.
- Έχει προτείνει την ύπαρξη ενός αιθέρα ικανού να εξηγήσει όλα τα φυσικά φαινόμενα μέσω πίεσης και κρούσης.
- Παράλληλα επιδίδεται σε αλχημικά πειράματα και θεολογικές μελέτες.
- Οι αλλαγές στη σκέψη του οφείλονται στο ότι έρχεται σε επαφή με διαφορετικές παραδόσεις (αλχημικές πραγματείες που διαποτίζονται από νεοπλατωνικές & στωικές τάσεις, προσηλυτίζεται στο δόγμα του Αρειανισμού, ο ίδιος αποδεικνύει τους νόμους του Κέπλερ και θεωρεί ότι ο μηχανισμός του αιθέρα καθίσταται λιγότερο πιθανός).
- Οι αλλαγές στη σκέψη του μπορεί να φαίνονται ακατανόητες, αλλά αποκτούν λογική αν ειπωθούν μέσα σε ένα πλαίσιο αναζήτησης μίας και μοναδικής αλήθειας καθώς και της θεϊκής δραστηριότητας στον κόσμο.

Rules for interpreting y^e words & language in Scripture.

1. To observe diligently the context of scriptures & analogy of the prophetic stile, & to reject those interpretations where this is not duly observed. Thus if any man interpret a Beast to signify some great vice, this is to be rejected as his private imagination, because according to y^e stile of know^{er} of y^e Apocalyptic, & of all other Prophecies, something is a Beast signifies a Kingdom. There is no ground in scripture for any other interpretation, excepting that it is something spoken of a single person.

2. To observe that one meaning be not given to a word in scripture, & another in the same passage, or in the same sense of words, especially in y^e same vision, unless where y^e scripture is self-evident, that there is a double meaning. To reject those interpretations where this is not observed. Thus if a man interpret y^e Beast to signify a kingdom in one sentence, & a vice in another, this is to be rejected as a private opinion, & no genuine interpretation. So if a man in y^e same or contemporary visions, shall interpret the earth to signify sometimes a division of a Region, as in y^e first example, something as where y^e earth helped y^e woman, & something else, as where y^e dragon was cast out of y^e earth, this weaving is not to be admitted, in such a manner, that the interpretation, to be made, as it remains of same signification of earth, in all cases.

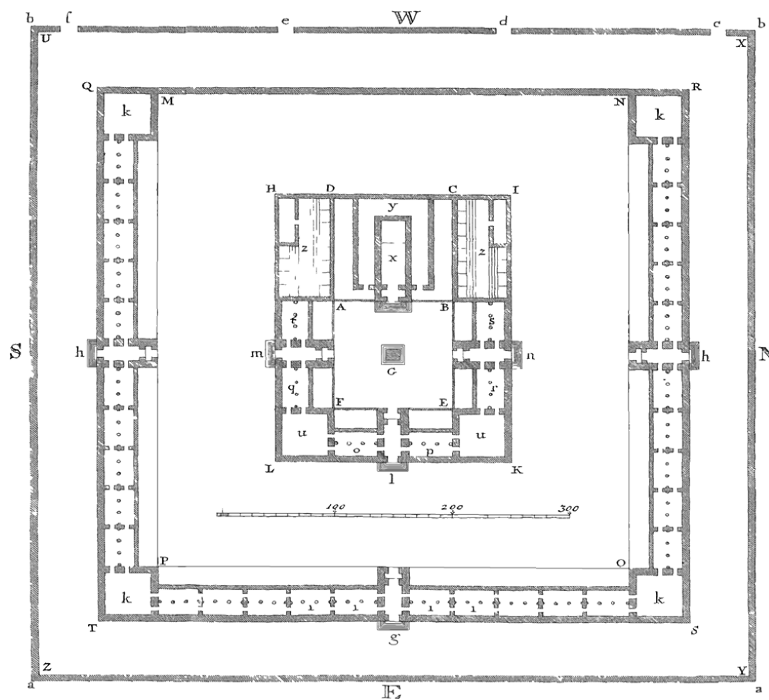
3. To prefer those interpretations well are understood according to y^e literal meaning of y^e scriptures unless where the know^{er} & circumstances of y^e place plainly require an Allegory. Thus if the word by a sword should be interpreted of a spirituall wound, or if y^e battell sh^{ould} be several examples, or if y^e vial expost by y^e concourse of Armies, & a hard storm with other waters should be interpreted of a spirituall Battell; since there is nothing in the text to countenance such an interpretation, it ought to be rejected as a private opinion, & not to be received in the sense of any portion of scripture.

4. To observe that one meaning be not given to a word in scripture, & another in the same passage, or in the same sense of words, especially in y^e same vision, unless where y^e scripture is self-evident, that there is a double meaning. To reject those interpretations where this is not observed. Thus if a man interpret y^e Beast to signify a kingdom in one sentence, & a vice in another, this is to be rejected as a private opinion, & no genuine interpretation. So if a man in y^e same or contemporary visions, shall interpret the earth to signify sometimes a division of a Region, as in y^e first example, something as where y^e earth helped y^e woman, & something else, as where y^e dragon was cast out of y^e earth, this weaving is not to be admitted, in such a manner, that the interpretation, to be made, as it remains of same signification of earth, in all cases.

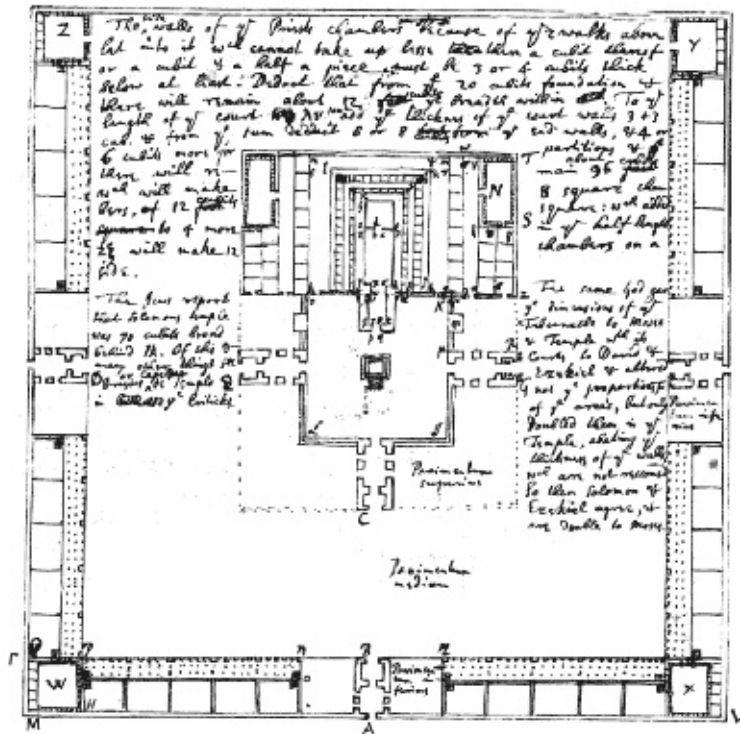
5. To prefer those interpretations well are understood according to y^e literal meaning of y^e scriptures unless where the know^{er} & circumstances of y^e place plainly require an Allegory. Thus if the word by a sword should be interpreted of a spirituall wound, or if y^e battell sh^{ould} be several examples, or if y^e vial expost by y^e concourse of Armies, & a hard storm with other waters should be interpreted of a spirituall Battell; since there is nothing in the text to countenance such an interpretation, it ought to be rejected as a private opinion, & not to be received in the sense of any portion of scripture.

- Σκοπός του όχι μόνο η απόδειξη ύπαρξης του Θεού, αλλά η συνεχής επέμβασή του στη Δημιουργία.
- Ανησυχεί με τον εν δυνάμει αθεϊσμό και ντεϊσμό του ατομικισμού και της μηχανοκρατίας.
- Για να αποδείξει την συνεχή επέμβαση του Θεού στη δημιουργία ο Νεύτωνας στράφηκε προς αλχημικές μελέτες.
- 1669: πρώτη ριζική στροφή από τη μηχανιστική φιλοσοφία με την υιοθέτηση μιας ενεργητικής αρχής (βλ αλχημικό έργο *Propositions*)
- 1670s: διακρίνει μεταξύ παθητικών και ενεργητικών αρχών.
- 1672: ασπάζεται τον Αρειανισμό, σύμφωνα με τον οποίο ο Χριστός δεν ταυτίζεται με τον Θεό αλλά αποτελεί έναν μεσάζοντα μεταξύ του Θεού και της Δημιουργίας

- Αναζήτηση μιας αληθινής θρησκείας που αντικατοπτρίζει τη δραστηριότητα του Θεού στον κόσμο.
- Η αναζήτηση της αλήθειας βασίζεται στην πεποίθησή του ότι η θρησκεία είναι διεφθαρμένη και πρέπει να αναμορφωθεί.
- Οι αρχαίοι γνώριζαν την αληθινή θρησκεία πριν την ειδωλολατρική τους παρέκκλιση.
- Ο Νεύτωνας ξαναανακάλυπτε αλήθειες της φυσικής φιλοσοφίας που είχαν εμφανιστεί για πρώτη φορά στο απώτερο παρελθόν της ανθρώπινης ιστορίας (είχαν αποκαλυφθεί από τον ίδιο τον Θεό), είχαν βυθιστεί στο σκοτάδι μετά το προπατορικό αμάρτημα και είχαν ανακαλυφθεί εκ νέου από τους αρχαίους.
- Θεωρεί ότι ήταν γνωστός ο νόμος της παγκόσμιας έλξης αν και με συμβολική μορφή (αρμονία των σφαιρών).



- Οι αρχαίοι γνώριζαν το αληθινό φυσικό σύστημα του κόσμου και είχαν «κρύψει» τη γνώση τους σε συμβολική μορφή (σε κείμενα ή αρχιτεκτονική).
- Πχ: καταπιαστηκε με τη μελέτη τον ναό του Σολωμόντα και πρότεινε ότι οι αριθμητικές αναλογίες μπορεί να είχαν σχέση με τις αναλογίες του σύμπαντος.



- Η δομή που χαρακτηρίζει τον κόσμο συγγενεύει με την αρχιτεκτονική των ιερών χώρων όπου μια εστία καίει στο κέντρο μιας αίθουσας (Πρυτανείο).
- Η φωτιά ως σύμβολο του ήλιου συναντάται και σε άλλες παραδόσεις (Στωικοί & Νεοπλατωνικοί αλλά και στα αλχημικά κείμενα στα οποία ο ήλιος διοχετεύει τη δημιουργική ενέργεια από τους ουρανούς στη γη)
- Η φωτιά είναι ο συνδεδειγμένος κρίκος στην αποκατάσταση της αληθινής θρησκείας και την αλχημεία.

Χρονολόγηση

- Αφιερώνει μεγάλο μέρος της δραστηριότητάς του στο πρόβλημα της χρονολόγησης.
- Επιδιώκει μια συντετμημένη ιστορία των αρχαίων.
- Θεωρεί ότι οι Έλληνες, Λατίνοι, Αιγύπτιοι και Πέρσες χρονικογράφοι απέδιδαν στους πρώτους τους βασιλείς μεγαλύτερη ηλικία από την πραγματική.
- Θεωρεί ότι κανένας πολιτισμός δεν προηγείται των Εβραίων, διότι διαφορετικά η Βίβλος δεν θα περιέγραφε την αρχή του κόσμου αλλά μόνο την ιστορία ενός ξεχωριστού λαού.
- Εξαλείφοντας κάθε αντίφαση από την ερμηνεία της Βίβλου, μπορεί κανείς να φτάσει στην απόλυτη αλήθεια.
- Διατυπώνει 15 κανόνες για την ερμηνεία της Βίβλου.
- Όπως αναζητά κανείς βεβαιότητα στη μαθηματικοποίηση της φύσης, έτσι θα πρέπει να καταλήγει σε ερμηνείες των γραφών που συγκλίνουν σε ενιαίο και κυριολεκτικό νόημα.

Αντιστάσεις στο έργο του Νεύτωνα

Θεολογία

- Ο Νεύτωνα επέτρεπε στον Θεό να επεμβαίνει στο ηλιακό σύστημα, για να διορθώσει ορισμένες ανωμαλίες που τις θεωρούσε αρθροιστικές.
- Οι σύγχρονοι του Νεύτωνα, ο Huygens και ο Leibnitz, άσκησαν κριτική στο σύστημά τους με αποτέλεσμα να ενισχύσουν τη θέση της φιλοσοφίας του Descartes στην Ευρώπη για πολλά χρόνια.
- Οι Αγγλοι γενικά υποστήριζαν τον Νεύτωνα, ενώ οι Γάλλοι έτειναν να υποστηρίζουν τον Descartes με αποτέλεσμα την έναρξη μιας διαμάχης που διήρκησε και τον 18^ο αιώνα.

Νευτωνισμός*

- «Η θεωρία του σύμπαντος, και πιο συγκεκριμένα των ουρανίων σωμάτων, των νόμων και των αλληλεπιδράσεών τους, όπως παραδόθηκαν από τον Ι. Νεύτωνα» (John Harris, *Lexicon Technicum*, 18^{ος} αι.)
- «Η θεωρία του μηχανισμού του σύμπαντος και πιο συγκεκριμένα της κίνησης των ουράνιων σωμάτων, των νόμων και των ιδιοτήτων τους, όπως παραδόθηκαν από τον Ι. Νεύτωνα» (D. Diderot & D'Alembert, *Encyclopédie*).
- Patiniotis, M., 'Newtonianism', *New Dictionary of the History of Ideas*, p. 1632-37.

Νευτωνισμός

- Δεν είναι μόνο η άμεση επίδραση των δύο έργων του Νεύτωνα στον Ευρωπαϊκό χώρο.
- Δεν ήταν ένα εδραιωμένο σύστημα ή μια συγκεκριμένη σύνθεση φυσικής φιλοσοφίας.
- Δεν αφορούσε μόνο τη φυσική φιλοσοφία, αλλά εμπειρείχε και πολιτικές και θρησκευτικές ιδέες.
- Ήταν ένα πολύμορφο ρεύμα το οποίο διαμορφώθηκε από τις διάφορες ερμηνείες που δόθηκαν για το έργο του Νεύτωνα, αλλά και από την οικειοποίησή του από διαφορετικά πολιτισμικά περιβάλλοντα στην Ευρωπαϊκή ήπειρο.

Jean Le Rond d'Alembert (1717-1783)

Εκτός από τον σύντομο ορισμό για το λήμμα «Νευτωνισμός», απαριθμεί και άλλες έννοιες και πρακτικές που διαμόρφωσαν αυτό το ρεύμα:

- Κάποιοι θεωρούσαν τον Νευτωνισμό σαν μια εκδοχή της «**φιλοσοφίας του φυσικού σώματος**», η οποία είχε εμπλουτιστεί με τις έρευνες του Νεύτωνα. [διαφοροποίηση από τη φιλοσοφία του Descartes, τους αριστοτελικούς κτλ]
- Άλλοι ταύτιζαν τον Νευτωνισμό με τη **μέθοδο** που χρησιμοποίησε ο Νεύτωνας στη φυσική φιλοσοφία. [εξαγωγή συμπερασμάτων από τα φαινόμενα χωρίς προσφυγή σε υποθέσεις: με τη χρήση απλών αρχών και περιορισμένο αριθμό φαινομένων εξάγουμε τους νόμους της φύσης, και με αυτούς ερμηνεύουμε άλλα φυσικά φαινόμενά]
- Τέλος, άλλοι τον θεώρησαν ως έναν κλάδο της φιλοσοφίας που εξετάζει τα φυσικά σώματα με μαθηματικό τρόπο και εφαρμόζει γεωμετρικές μεθόδους και αρχές μηχανικής στην επίλυση προβλημάτων. [μηχανική και μαθηματική φιλοσοφία]

Φιλοσοφία του Φυσικού Σώματος

Σημαντικός κλάδος της φιλοσοφίας του 18^{ου} αι. με αντικείμενο την εξέταση της φύσης των υλικών σωμάτων.

Καρτεσιανή παράδοση

- Η μόνη ουσιώδης ιδιότητα ενός υλικού σώματος ήταν η *έκταση* (το σχήμα, η θέση και η κίνηση είναι «τρόποι ύπαρξης» και τα φυσικά φαινόμενα παράγονται από τις μεταβολές τους).
- Διάκριση ανάμεσα στην ύλη και στα εξωγενή αίτια της κίνησης (απαλλαγή των υλικών σωμάτων από τις «απόκρυφες ιδιότητες»).

Νευτωνισμός

- Είναι αδύνατο να συλλάβει ο άνθρωπος όλες τις ιδιότητες των φυσικών σωμάτων (Τα ανθρώπινα όντα δεν μπορούν να διαπεράσουν τη βούληση του Θεού και να αποκτήσουν οριστική γνώση της φύσης των υλικών σωμάτων)
- Προσθήκη ελκτικής δύναμης στα χαρακτηριστικά του φυσικού σώματος. (απόκρυφη δύναμη ή δύναμη άγνωστης προέλευσης/νόμος της φύσης)

Πειραματική Φιλοσοφία

- Ο μόνος ασφαλής τρόπος να συνάγουμε φυσικούς νόμους από τα φαινόμενα είναι να προχωρούμε επαγωγικά (η διατύπωση υποθέσεων, π.χ. Καρτεσιανοί στρόβιλοι, δεν έχει θέση σε αυτή τη διαδικασία).
- Αρχή της ποσοτικοποίησης.
 - Τα πειράματα αποτελούν διαδικασίες που στοχεύουν στη σκόπιμη παραγωγή νέων φαινομένων, προκειμένου να αναγκάσουν τη φύση να αποκαλύψει τις κρυμμένες αρχές της. Μόνο το πείραμα μπορεί να αποκαλύψει τις ιδιότητες των πραγμάτων με ακριβή και μετρήσιμο τρόπο.

Ορθολογική Μηχανική

- Μαθηματική μελέτη των κινήσεων που παράγονται από συγκεκριμένες δυνάμεις (σε αντίθεση με τη στατική, που μελετά τις δυνάμεις ενός συστήματος που βρίσκεται σε ισορροπία).
- Η μαθηματική ανάλυση που χρησιμοποιείται στην Ορθολογική Μηχανική θα πρέπει να μπορεί να περιγράψει τη γένεση των τροχιών των κινούμενων σωμάτων, σε αντίθεση με τη Γεωμετρία, η οποία επαρκεί μόνο για την περιγραφή στατικών καμπύλων.
- Η σύγχρονη έννοια της Ορθολογικής Μηχανικής είναι προϊόν των Principia, σε αντίθεση με την έννοια της Πρακτικής Μηχανικής, η οποία διαμορφώθηκε κατά τους χρόνους της ελληνιστικής αρχαιότητας.

Ορθολογική Μηχανική

Συμβολή του Νεύτωνα:

- Εισήγαγε την έννοια της ελκτικής δύναμης που δρα από απόσταση και αποτελεί τον κατεξοχήν δυναμικό παράγοντα της κίνησης.
- Κατέδειξε τα όρια της ευκλείδιας γεωμετρίας σε ό,τι αφορά τα προβλήματα της κίνησης [αν και στα *Principia* στηρίχθηκε σχεδόν αποκλειστικά στην ευκλείδια Γεωμετρία, οι τροποποιήσεις που επέφερε σε αυτή, και άλλες μαθηματικές μελέτες δηλώνουν την πεποίθησή του ότι η καταλληλότερη μέθοδος για τη μελέτη των προβλημάτων της κίνησης είναι ο απειροστικός λογισμός]
- Μελέτησε ενδελεχώς την ουράνια μηχανική και ερμήνευσε πολλά ουράνια φαινόμενα με τη βοήθεια του νόμου της παγκόσμιας έλξης.

Ορθολογική Μηχανική

- Η οντολογία της ελκτικής δύναμης αποτέλεσε το «αγκάθι» του νευτωνισμού και υπήρξε αντικείμενο έντονων διενέξεων μεταξύ των επιγόνων του σε όλη τη διάρκεια του 18^{ου} αιώνα.
- Αρκετοί μαθηματικοί της εποχής προσπάθησαν να εξοβελίσουν την έννοια της δύναμης από τη Μηχανική.
- Βασική επιδίωξη της εποχής ήταν ο μετασχηματισμός της νευτώνειας Μηχανικής, έτσι ώστε να λειτουργεί αποκλειστικά βάσει των νόμων της κίνησης, χωρίς καμία αναφορά στη φύση της δύναμης.
- Η διαδικασία αυτή κορυφώθηκε με το έργο του Joseph Louis Lagrange, *Αναλυτική Μηχανική* (1788) το οποίο στηρίχθηκε αποκλειστικά σε αλγεβρικές μεθόδους.

Γνώση και Θρησκεία

- Ο Νευτωνισμός βρίσκεται στον αντίποδα του καρτεσιανού στοχασμού για τη φύση, και για το λόγο αυτό χρειάστηκαν περίπου 50 χρόνια για να βρει η νευτώνεια θεώρηση τους πρώτους αφοσιωμένους υποστηρικτές της στη Γαλλία.
- Ο γάλλος μαθηματικός Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) ήταν από τους πρώτους που έκανε έκκληση στους συμπατριώτες του να μην απορρίψουν άκριτα την εξηγητική δύναμη της δράσης από απόσταση.
- Ο Βολταίρος (1694-1778) ξεκίνησε μια συστηματική προσπάθεια να εξοικειώσει το μορφωμένο κοινό της Γαλλίας με τη νέα φυσική φιλοσοφία.
- Η προπαγάνδα υπέρ της νευτώνειας φιλοσοφίας έπρεπε να συνοδεύεται από την υπονόμηση της καρτεσιανής παράδοσης.

Γνώση και Θρησκεία

Κατά τον Βολταίρο:

- Ο Νεύτωνας ήταν ανώτερος από τον Descartes, επειδή οι ανακαλύψεις του ήταν προϊόν συστηματικής επαγωγικής διερεύνησης της φύσης επιβεβαιωμένης από τη Γεωμετρία, ενώ ποτέ δεν παραπλανήθηκε από εικασίες, όπως συνέβη με τον Descartes.
- Η νευτώνεια θεολογία ήταν ανώτερη της καρτεσιανής σύλληψης του Θεού.
 - Αρκετοί οπαδοί της καρτεσιανής παράδοσης είχαν την τάση να υιοθετούν μια οιωνεί αθεϊστική στάση, στο πλαίσιο της οποίας το σύμπαν ήταν απλό προϊόν της ύλης και της κίνησης.
 - Στον Νεύτωνα το σύμπαν δεν είναι προϊόν φυσικής ή λογικής αναγκαιότητας, αλλά αποτέλεσμα της απεριόριστης βούλησης του Θεού. Ο άνθρωπος έχει πρόσβαση μόνο στα αποτελέσματα των επιλογών του Θεού, όπως αυτά αποκαλύπτονται από την τάξη του σύμπαντος και τους νόμους που διέπουν τα φαινόμενα.


Γνώση και Θρησκεία

- Η ερμηνεία της νευτώνειας φιλοσοφίας από τον Βολταίρο είχε ευρεία απήχηση σε μεγάλο μέρος της ευρωπαϊκής ηπείρου.
- Η ευνοϊκή στάση απέναντι στη χριστιανική θρησκεία και η εναντίωση στον αριστοτελικό και τον καρτεσιανό δογματισμό, που προκύπτει από τη συγκεκριμένη ερμηνεία, αποτέλεσε πολύτιμο εργαλείο για εκείνους που προωθούσαν τη θρησκευτική ανοχή και τις μετριοπαθείς πολιτικές μεταρρυθμίσεις.
- Υπό αυτή την έννοια η πειραματική φιλοσοφία έφτασε να αντιπροσωπεύει πολύ περισσότερα πράγματα από μια επιστημονική μέθοδο.

Βολταίρος (1694-1778)



- Σημαντική φυσιογνωμία στη διάδοση του Νευτωνισμού.
- 1728-1729: εξόριστος στην Αγγλία.
- Επικρίνει στις *Φιλοσοφικές Επιστολές* το γαλλικό τρόπο ζωής, και έχοντας έρθει σε επαφή με το έργο του Νεύτωνα, αφιερώνει μεγάλο μέρος τους στη «νέα επιστήμη».
- Επιστρέφοντας στη Γαλλία συμβουλεύεται τους Maupeituis και Gravesande προκειμένου να δημοσιεύσει τις επιστολές του και να παρουσιάσει με τον ορθότερο δυνατό τρόπο το έργο του Νεύτωνα.



«Ενας Γάλλος που φτάνει στο Λονδίνο, θα βρει τη φιλοσοφία, όπως και οτιδήποτε άλλο, πολύ αλλαγμένη. Αφησε έναν κόσμο πλήρη, και τώρα τον βρίσκει άδειο. Στο Παρίσι το σύμπαν αποτελείται από δίνες μιας λεπτότατης ύλης, αλλά τίποτα σαν και αυτό δεν υπάρχει στο Λονδίνο. Στη Γαλλία, είναι η πίεση της Σελήνης που προκαλεί την παλίρροια, αλλά στην Αγγλία είναι η θάλασσα που έλκεται προς τη Σελήνη...»

Madame du Châtelet (1706-1749)



- Γνωρίζει τον Βολταίρο, και του προσφέρει καταφύγιο στην εξοχική της κατοικία στο Chirey-sur-Blaise με σκοπό να αποκτήσει πρόσβαση στους πνευματικούς κύκλους.
- Συναναστρέφεται τους υποστηρικτές του νευτωνισμού, Pierre Maupertuis και Alexis-Claude Clairaut.
- Μεταφράζει τα *Principia*, που αποτελεί την καθιερωμένη γαλλική μετάφραση μέχρι σήμερα (η μετάφραση ολοκληρώνεται το 1749 και το έργο εκδίδεται το 1759).



Francesco Algarotti (1739)

- Η επικράτηση της Νευτώνειας φυσικής δεν ωφείλεται αποκλειστικά στην άνθιση της εκλαϊκευσής της.
- Το μεταβατικό στάδιο από την Καρτεσιανή στη Νευτώνεια φιλοσοφία (από το 1730 και μετά) υπήρξε το στάδιο αντιπαράθεσης που θα κορυφωθεί με 3 δοκιμασίες της νευτώνειας θεωρίας της βαρύτητας.
- Ποσοτικός έλεγχος των συνεπειών της νευτώνειας φιλοσοφίας.

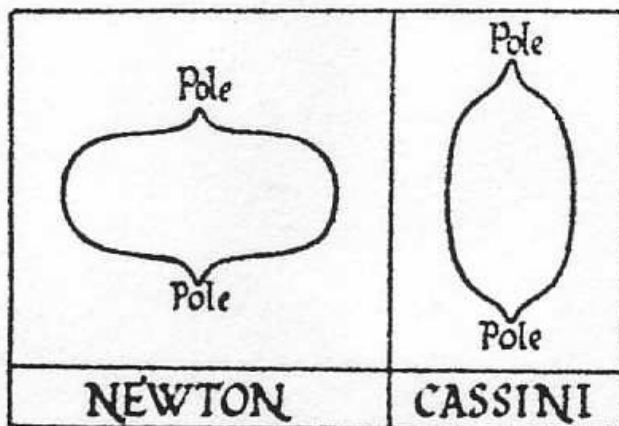
«Το [νευτώνειο] σύστημα μπορεί να θεωρείται αληθές μόνο εφόσον έχει αποδεχτεί με ακριβείς υπολογισμούς ότι συμφωνεί ακριβώς με τα φαινόμενα της φύσης. Στην αντίθετη περίπτωση δεν δικαιούται καμία προτίμηση έναντι της [καρτεσιανής] θεωρίας των στροβίλων, με την οποία η κίνηση των πλανητών μπορεί πολύ καλά να εξηγηθεί, με έναν τρόπο όμως τόσο ατελή, τόσο ασαφή, που και αν ακόμα τα φαινόμενα ήταν εντελώς διαφορετικά, θα μπορούσαν πολύ συχνά να εξηγηθούν με τον ίδιο τρόπο και το ίδιο καλά, και μερικές φορές ακόμα καλύτερα. Το [νευτώνειο] σύστημα βαρύτητας δεν επιτρέπει ταχυδακτυλουργίες του ίδιου είδους-ένα μόνο αποτέλεσμα ή παρατήρηση που αναιρεί τους υπολογισμούς θα γκρέμιζε όλο το οικοδόμημα και θα υποβίβαζε τη Νευτώνεια θεωρία στο επίπεδο τόσων άλλων που η φαντασία δημιούργησε και η ανάλυση κατέστρεψε»

Jean d'Alembert, *Eléments de philosophie* (1770)

3 δοκιμασίες της θεωρίας της βαρύτητας

- Προβλήματα υπολογισμού του σχήματος της γης.
- Κίνηση της σελήνης.
- Επιστροφή του κομήτη του Χάλει.

Υπολογισμός του σχήματος της γης



Οι οπαδοί του Νεύτωνα υποστήριζαν ότι η γη είναι διαπλατυσμένη στους πόλους και διογκωμένη στον ισημερινό, ενώ οι οπαδοί του Καρτέσιου ακριβώς το αντίστροφο.

- Ο Νεύτωνας θεωρούσε ότι το σχήμα αυτό οφείλεται στην περιστροφή της γης γύρω από τον άξονά της, και ως ένδειξη ανέφερε τις μετρήσεις του εκκρεμούς που έγιναν το 1672 κοντά στον ισημερινό.
- Στον ισημερινό η δύναμη της βαρύτητας είναι πιο ασθενής γιατί τα σημεία απέχουν περισσότερο από το κέντρο της γης, και άρα το εκκρεμές θα πρέπει να κινείται πιο αργά από ότι πχ. στη Γαλλία.
- Κατά τον Καρτέσιο, η δύναμη της βαρύτητας προκαλούνταν από έναν στρόβιλο ύλης που περιστρεφόταν γύρω από τη γη που προκαλούσε πλάτυνση στον ισημερινό και επιμήκυνση στους πόλους της.

Υπολογισμός του σχήματος της γης

- Το 1718 ο αστρονόμος Jacques Cassini (1677-1756) εξέδωσε μετρήσεις, δικές του και του πατέρα του Jean Dominique, που επιβεβαίωναν την πρόβλεψη του Descartes.
- Διάφοροι βρετανοί επιστήμονες όπως ο John Keill και ο John Theophilus Desaguliers υποστήριξαν τον Νεύτωνα με αποτέλεσμα να αρχίσει μια διαμάχη με εθνικιστικές προεκτάσεις.
- Το 1732 ο Maupertuis και ο Clairaut, έγκριτοι μαθηματικοί, υποστήριξαν τον Νεύτωνα στην Ακαδημία Επιστημών του Παρισιού.
- Προκειμένου να διαψευστεί η θεωρία του Descartes, θα έπρεπε να γίνουν ακριβέστερες και αμεσότερες μετρήσεις.
- Οι Cassini είχα αποδείξει με μετρήσεις στην Ευρώπη ότι η καμπυλότητα της γης δεν ήταν παντού η ίδια (άρα δεν ήταν απόλυτα σφαιρική).
- Για να καθοριστεί ακριβέστερα το σχήμα της γης θα έπρεπε να μετρηθεί η καμπυλότητα εκεί όπου διέφερε περισσότερο- στον ισημερινό και τους πόλους.

Υπολογισμός του σχήματος της γης

- Το 1733 προτάθηκε μια εξερευνητική αποστολή στον ισημερινό από τον μαθηματικό και γεωγράφο Charles-Marie de la Condamine, η οποία εγκρίθηκε από τη γαλλική κυβέρνηση το 1735 και διήρκησε 10 χρόνια.
- Το 1736 ξεκίνησε μια εξερευνητική αποστολή με στόχο τον βόρειο πόλο υπό τη διεύθυνση του Maupertuis και του Clairaut, η οποία ολοκληρώθηκε το 1737.
- Η σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο αποστολών επιβεβαίωσε τη θεωρία του Νεύτωνα.

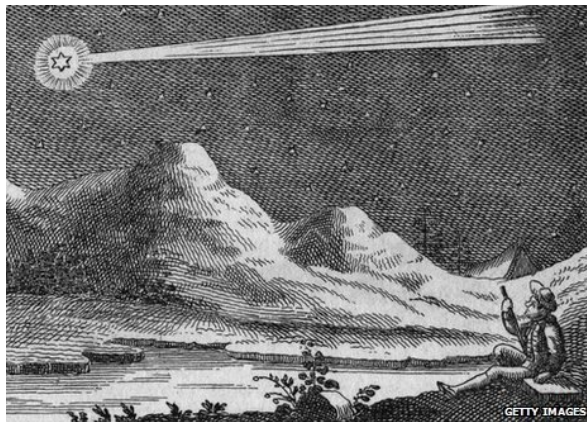
Κίνηση της Σελήνης



Alexis Clairaut (1713-1765)

- Το 1747 ο Clairaut ανακοινώνει στην Ακαδημία των Επιστημών ότι ο νόμος του Νεύτωνα δεν εξηγεί τις παρατηρούμενες κινήσεις της σελήνης.
- Η σελήνη κινείται πολύ πιο ακανόνιστα από τους πλανήτες, γιατί έλκεται ισχυρά από δύο σώματα (τη γη και τον ήλιο)
- Ο Νεύτωνα δεν είχε υπολογίσει την κίνησή της, καθώς το πρόβλημα 3 σωμάτων που έλκονται μεταξύ τους ήταν δυσεπίλυτο.
- Οι μαθηματικοί D'Alembert, Clairaut και Euler ανέπτυξαν μεθόδους προσέγγισης της λύσης, αλλά όλοι κατέληγαν σε αποτελέσματα που διέφεραν από την προβλεπόμενη τιμή.
- Τελικά το 1749 ο Clairaut ισχυρίστηκε ότι ο Νεύτωνα είχε τελικά δίκιο, και ότι όλοι οι μαθηματικοί είχαν κάνει το ίδιο λάθος το οποίο ευθυνόταν για τη μεγάλη απόκλιση στους υπολογισμούς της κίνησης.

Επιστροφή του κομήτη του Χάλεϊ



J. Lalande
(1732-1807)



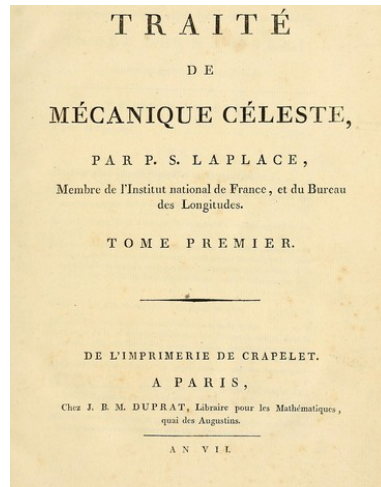
N. Lepaute
(1723-1788)

- Το 1758 ο Clairaut ανακοίνωσε στην Ακαδημία των Επιστημών ότι είχε προβλέψει την επιστροφή του κομήτη του Χάλεϊ με περιθώριο λάθους, μόνον ενός μηνός.
- Ο Edmond Halley είχε πει ότι ο κομήτης του 1682, θα επιστρέψει το 1758 ή στις αρχές του 1759.
- Η ακριβής ημερομηνία της επιστροφής του κομήτη ήταν δύσκολο να προβλεφτεί, επειδή η τροχιά του κομήτη θα επηρεαζόταν πολύ από την έλξη κάθε μεγάλου πλανήτη κοντά από τον οποίο θα περνούσε.
- Με τη βοήθεια των Joseph Lalande και της Nicole Lepaute υπολόγισε την επιστροφή με περιθώριο λάθους 30 ημερών.

- Η επιλυση των τριών αυτών προβλημάτων ήταν ενδείξεις της αυξημένης εκλέπτυνσης της ουράνιας μηχανικής και του αυξανόμενου δημόσιου ενδιαφέροντος για την επιστήμη κατά το Διαφωτισμό.
- Η βελτίωση των θεωριών συνεχίστηκε και κατά το δεύτερο μισό του 18^{ου} αιώνα από τον Lagrange και τον Pierre-Simon Laplace (1749-1827).
- Ο Laplace έλυσε το πρόβλημα της ευστάθειας του ηλιακού συστήματος.



Pierre-Simon Laplace (1749-1827)



5 τόμοι, 1799-1825

- Εκτός από τις κυκλικές παρεκκλίσεις στις κινήσεις της σελήνης και των πλαντών, υπήρχαν και «αιώνιες» παρεκκλίσεις στις κινήσεις τους που συσσωρεύονται με το χρόνο.
- Αν η συσσώρευση αυτών των παρεκκλίσεων αύξανε αρκετά, το πλανητικό σύστημα θα μπορούσε να γίνει ασταθές και να διασκορπιστεί.
- Μεταξύ 1785 και 1788 ο Laplace απέδειξε ότι οι παρεκκλίσεις αυτές μπορούσαν να ερμηνευτούν από τη βαρύτητα: το ηλιακό σύστημα ήταν ευσταθές.
- Η *Ουράνια Μηχανική* του Laplace ανακεφαλαίωσε και επέκτεινε το έργο των προκατόχων του, και έβαλε το επιστέγασμα της μαθηματικής αστρονομίας του Διαφωτισμού.