



Ιστορία Φυσικών Επιστημών

Εαρινό εξάμηνο 2014

Φαίδρα Παπανελοπούλου

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

Η Νέα Φιλοσοφία

Francis Bacon

- Πείραμα και Επαγωγή

René Descartes

- Ορθός Λόγος και Παραγωγή

Οι δρόμοι αυτοί συνέκλιναν χάρη στη μαθηματική φυσική

Francis Bacon (1561-1626)



- Λονδίνο
- Δικηγόρος, Αυλή Κοινοβουλίου, Ευγενής, Ιππότης, Γενικός Εισαγγελέας, Ανώτερος Καγκελάριος
- Ενθερμος προπαγανδιστής της επιστήμης και της γνώσης
- De Augmentis, New Atlantis, Novum Organum

Γνώση:

- εξ αποκαλύψεως (περί Θεού)
- από τις αισθήσεις

Μεθοδολογικός εμπειρισμός (προτείνει μια συστηματική μέθοδο ανάπτυξης της γνώσης)

Καταλογογράφηση, καταγραφή, ονοματοθεσία

Κατά σκεπτικιστών

Είδωλα (Εσφαλμένες Ιδέες)

- **Είδωλα φυλής:** εσφαλμένοι τρόποι σκέψης που προκύπτουν από την ίδια την ανθρώπινη φύση.
- **Είδωλα του σπηλαίου:** διανοητικά σφάλματα και προκαταλήψεις, αποτέλεσμα της ιδιοσυγκρασίας και της ανατροφής του ατόμου.
- **Είδωλα της αγοράς:** οι ολέθριες επιρροές που μπορούν να έχουν επάνω μας οι λέξεις και η γλώσσα.
- **Είδωλα του θεάτρου:** εσφαλμένες μέθοδοι στη διεκδίκηση της γνώσης.

- Δεν είναι αφελής εμπειριστής (η γνώση δεν είναι αποκλειστικά και μόνο προϊόν της εμπειρίας όπως αυτή μας παρουσιάζεται άμεσα, αλλά ούτε αποκλειστικά και μόνο προϊόν των δυνάμεων του νου)
- Η μέθοδός του ξεκινά από την εμπειρία αλλά καθοδηγείται από το λόγο και τη νόηση.
- Μέθοδος: σύνολο μηχανικών κανόνων που μπορεί να μας παράσχει τη γνώση των αιτίων (σκοπός έρευνας και ερμηνείας της φύσης)
 - Συλλογή 'φυσικών ιστοριών' (πειραματικών και παρατηρησιακών φαινομένων) & συγκρότηση **συγκριτικών πινάκων** (συμφωνίας, απουσίας, βαθμιαίας μεταβολής)
 - Αναζήτηση **αιτιακής σχέσης** μεταξύ φαινομένων (μέσα από μια «παραδειγματική» περίπτωση)
- Γνώση όχι ως αυτοσκοπός αλλά προς το κοινό όφελος (θεωρησιακή και λειτουργική)

René Descartes (1596-1650)

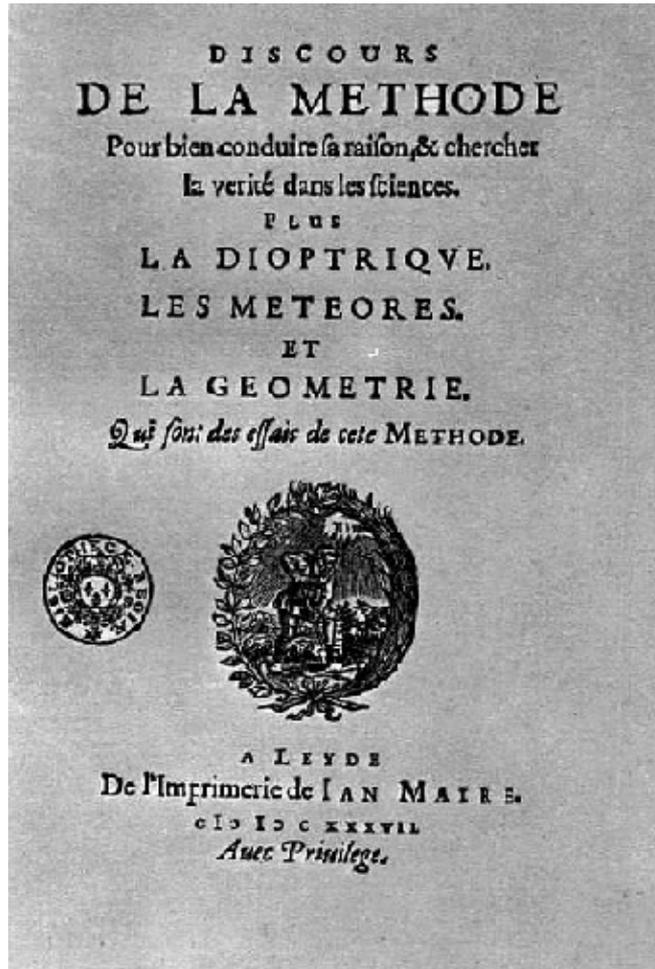


- Προτρέπει να αντικατασταθεί το δέος με την κατανόηση. Η φύση δεν περικλείει κανένα απρόσιτο μυστήριο και είναι απόλυτα διαπερατή από το λογικό.
- Εκπροσωπεί την ανερχόμενη τάση της φυσικής φιλοσοφίας: τη μηχανοκρατία (ήδη διαφαίνεται στα έργα του Γαλιλαίου και Κέπλερ, αλλά είναι ξεκάθαρη στα έργα του Μερσέν, Γκασεντί και του Χομπς).
- Ο Descartes έδωσε στη μηχανοκρατία τη φιλοσοφική αυστηρότητα που της έλειπε.

Καρτεσιανός δυϊσμός

- Καθετί που έχει υπόσταση αποτελείται από 2 ουσίες (απάντηση στην αναγεννησιακή φυσιοκρατία): το **νου** (χαρακτηρίζεται από την ενέργεια της σκέψης) και την **έκταση** (την ουσία του υλικού κόσμου)
- Στη νοητική ουσία δεν μπορούμε να δώσουμε καμία ιδιότητα της ύλης (πχ. έκταση, τόπο, κίνηση). Μοναδική της ιδιότητα είναι η σκέψη.
- Η φύση είναι αδρανής και δεν διαθέτει δικές της πηγές ενέργειας (ύλη χωρίς ζωή)

Λόγος περί της Μεθόδου (1637)



- Εκφράζει την αντίδρασή του στην ως τότε φιλοσοφική παράδοση.
- Απαλλαγή από όλες τις προκαταλήψεις, αμφιβάλλοντας για όσα μπορούμε να αμφιβάλλουμε.
- Με τη μεθοδική αμφιβολία θα μπορέσει να καταλήξει σε κάποια πρόταση που δεν θα επιδεχόταν αμφισβήτηση.
- Πάνω στην πρόταση αυτή θα χτίσει το οικοδόμημα της γνώσης.

«Επειδή όμως επιθυμούσα τότε να καταγίνω αποκλειστικά με την αναζήτηση της αλήθειας, σκέφτηκα πως έπρεπε να κάνω εντελώς το αντίθετο και ν' απορρίψω, σαν να ήταν εντελώς ψεύτικο, οτιδήποτε θα μπορούσε να μου γεννήσει την παραμικρότερη αμφιβολία, για να δω αν δεν θα μου απόμεινε ύστερα απ' αυτό καμιά πεποίθηση που να είναι εντελώς αναμφίβολη. Ετσι, επειδή οι αισθήσεις μας μάς ξεγελούν κάποτε, θέλησα να υποθέσω πως τίποτα δεν υπάρχει που να είναι τέτοιο που εκείνες μας κάνουν να το φανταζόμαστε. Κι επειδή υπάρχουν άνθρωποι που γελιούνται κάνοντας συλλογισμούς πάνω και στ' απλούστερα ακόμα θέματα της γεωμετρίας, και παραλογίζονται, κρίνοντας κι εγώ πως μπορούσα να λαθέψω όσο κι οποιοσδήποτε άλλος, απόρριψα σαν ψεύτικους όλους τους λόγους που είχα πάρει προηγουμένως για αποδείξεις. Και τέλος, παίρνοντας υπόψη μου πως όλες οι σκέψεις που έχουμε ενόσω είμαστε ξυπνητοί μπορούν επίσης να μας έρχονται ολόιδιες κι όταν κοιμούμαστε, χωρίς καμιά τους να είναι τότε αληθινή, αποφάσισα να υποθέσω πως όλα όσα μου είχαν μπει κάποτε στο νου, δεν ήταν περισσότερο αληθινά από τις φαντασίες των ονείρων μου.»

«Αμέσως όμως κατόπι πρόσεξα πως, ενώ εγώ ήθελα να σκεφτώ έτσι, ότι όλα ήταν ψεύτικα, έπρεπε αναγκαστικά, εγώ που το σκεπτόμουν, να είμαι κάτι. Και παρατηρώντας πως τούτη η αλήθεια: *σκέπτομαι άρα υπάρχω* ήταν τόσο γερή και τόσο σίγουρη ώστε όλες μαζί οι εξωφρενικές υποθέσεις των σκεπτικών φιλοσόφων δεν ήταν ικανές να την κλονίσουν, έκρινα πως μπορούσα δίχως ενδοιασμούς να την παραδεχτώ σαν την πρώτη αρχή της φιλοσοφίας που αναζητούσα»

[R. Descartes, *Λόγος περί της μεθόδου*, μτφρ. Χρ. Χρηστίδης (Αθήνα, εκδ. Παπαζήση, 1976), σελ. 31-2]

Τι είμαι, αυτό το Εγώ που υπάρχει;

«Κατόπιν, εξετάζοντας με προσοχή τι ήμουν, είδα ότι μπορούσα να υποθέσω πως δεν είχα σώμα και πως ούτε κόσμος υπήρχε, ούτε τόπος όπου να βρίσκομαι, αλλά πως δεν μπορούσα γι' αυτό να υποθέσω πως ούτε κι εγώ υπήρχα. Απεναντίας, ακριβώς από το ότι σκεπτόμουν ν' αμφιβάλλω για την αλήθεια των άλλων πραγμάτων, έβγαινε ολοφάνερα και πολύ σίγουρα πως εγώ υπήρχα. Ενώ, αν είχα μονάχα πάψει να σκέπτομαι, δεν είχα κανένα λόγο να πιστέψω πως υπήρχα, έστω και αν ήταν αληθινά όλα τα υπόλοιπα που είχα φανταστεί. Απ' αυτό κατάλαβα πως ήμουν μια υπόσταση που ολόκληρη η ουσία ή η φύση της δεν είναι παρά το να σκέπτεται και δεν έχει ανάγκη, για να υπάρχει, από κανένα τόπο κι ούτε εξαρτιέται από τίποτα το υλικό. Ετσι που, αυτό το εγώ, δηλαδή η ψυχή, χάρη στην οποία είμαι, είναι εντελώς ξέχωρη από το σώμα, κι είναι μάλιστα ευκολότερο να γνωρίσει κανένας αυτήν παρά εκείνο, κι αν ακόμα το σώμα δεν υπήρχε διόλου, πάλι η ψυχή δεν θα έπαυε να είναι ό,τι είναι»

[R. Descartes, *Λόγος περί της μεθόδου*, μτφρ. Χρ. Χρηστίδης (Αθήνα, εκδ. Παπαζήση, 1976), σελ. 32]

- Ενα σκεπτόμενο πράγμα (res cogitans), που αμφιβάλλει, κατανοεί, συλλαμβάνει, βεβαιώνει, διαψεύδει, βούλεται, αρνείται, φαντάζεται και αισθάνεται.
- Όταν η διανοητική αντίληψη είναι σαφής (άμεσα παρούσα στο μυαλό μας) και ευκρινής (αυταπόδεικτη) η βούληση μπορεί και εκφέρει πάντα κρίση.
- Βεβαιότητα: όχι στις αισθήσεις αλλά στη νόηση
- Ιδεώδες «τέλειας γνώσης»: γνώση που παράγεται από τα πρώτα αίτια και αρχές.
- Η μέθοδος της αμφιβολίας αφήνει απρόσβλητες τη σύλληψη αυτών που αποκαλεί απλές καθολικές έννοιες (έκταση, μέγεθος, ποσότητα, αριθμός).

Επιστήμη του Καρτέσιου

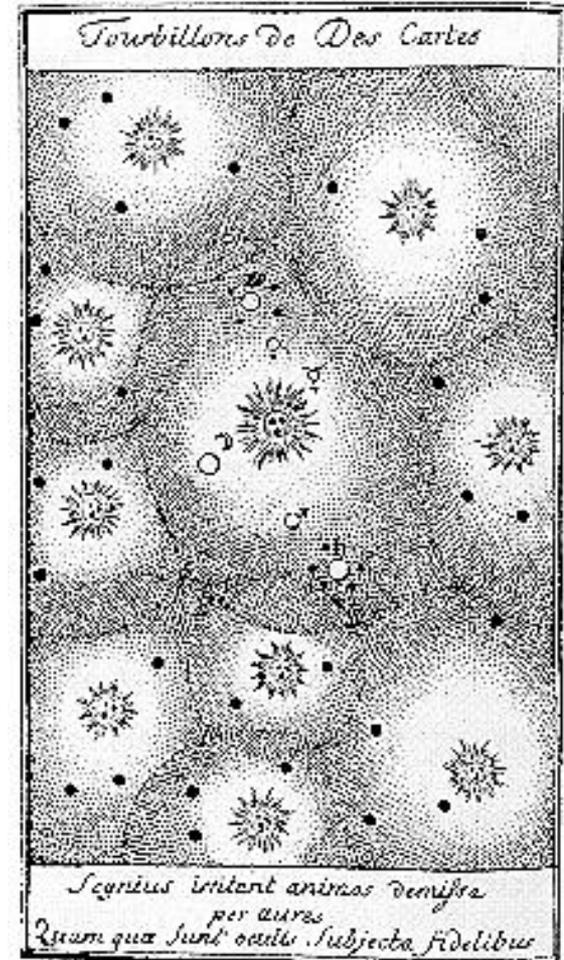
- Συστηματική (προχωράει βήμα-βήμα μέσα από μια αδιάσπαστη αλυσίδα συλλογισμών, όπως οι μαθηματικές αποδείξεις).
- Ανταποκρίνεται στο ιδεώδες της σαφήνειας και της διακριτικότητας (δεν περιλαμβάνει κάτι που να μην είναι παρόν και προσιτό στο Νου).
- Η ύπαρξη ενός τέλει Θεού δεν επιτρέπει να είναι διαστρεβλωμένες και εσφαλμένες οι πιο ξεκάθαρες αντιλήψεις των πλασμάτων του.
- Βασίζεται σε αδιαμφισβήτητα θεμέλια που έχουν επιβιώσει της μεγαλύτερης σωρείας αμφιβολιών.
- Είναι σφαιρική- εφαρμόζεται στην ανακάλυψη αληθειών οποιουδήποτε τομέα.

- Το cogito είναι το θεμέλιο του νέου οικοδομήματος της γνώσης.
- Από αυτό- με λογικούς συλλογισμούς- φτάνει στην απόδειξη της ύπαρξης του Θεού και έπειτα στην ύπαρξη του φυσικού κόσμου.
- Σε ένα πρώτο στάδιο της μεθοδικής αμφιβολίας του, η ύπαρξη του φυσικού κόσμου είχε απαλειφθεί επειδή φαινόταν ότι εξαρτάται από τις αισθήσεις.
- Αν όμως η ύπαρξη του φυσικού κόσμου μπορεί να αποδειχθεί με αναγκαία επιχειρήματα, τότε αυτός ο κόσμος δεν είναι κατ'ανάγκη όμοιος με εκείνον που αναπαριστούν οι αισθήσεις [δεν είναι όλες οι ιδιότητες των σωμάτων, όπως πχ το χρώμα, αληθινές]
- Ο κόσμος αποτελείται μόνο από κινούμενα υλικά σώματα, και οι φαινομενικές τους ιδιότητες (εκτός από την έκταση) είναι απλώς αισθήματα που προκαλούνται από την πρόσκρουση των σωματίων πάνω μας.
- Ο κόσμος της εμπειρίας είναι μια ψευδαίσθηση.
- Ο κόσμος είναι μια μηχανή από αδρανή σώματα που κινείται από φυσική αναγκαιότητα.

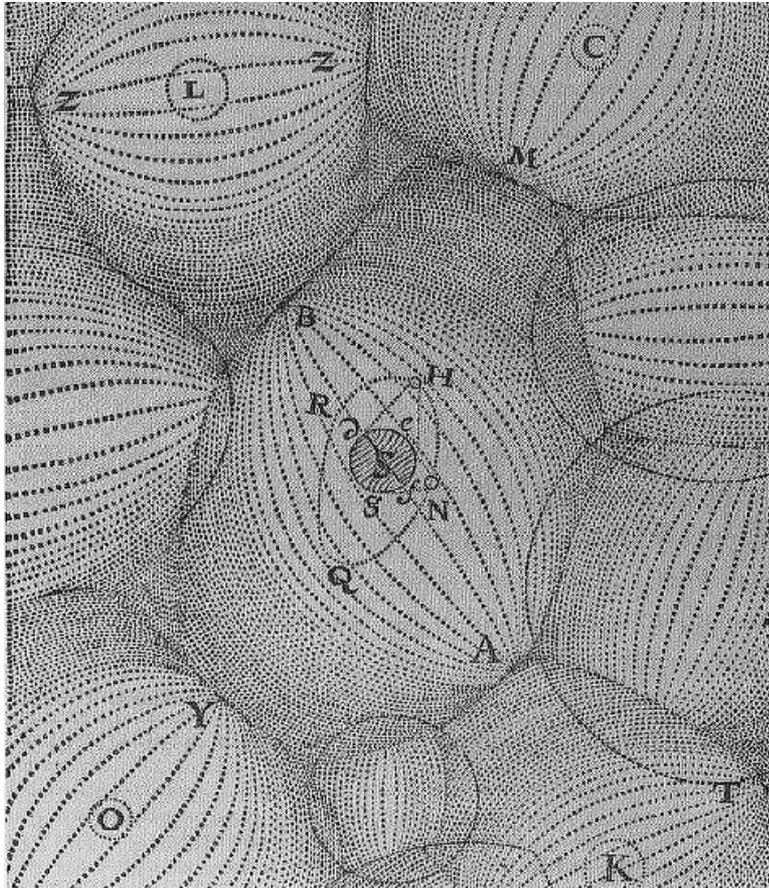
- Οι λεπτομέρειες της μηχανοκρατικής άποψης του Descartes παρουσιάζονται στα έργα του:
 - Διοπτρική (1637)
 - Μετεωρολογία (1637)
 - Αρχές Φιλοσοφίας (1644)
- Η αρχή της **αδράνειας** αποτελεί από τους θεμέλιους λίθους της.

Αρχή Αδράνειας

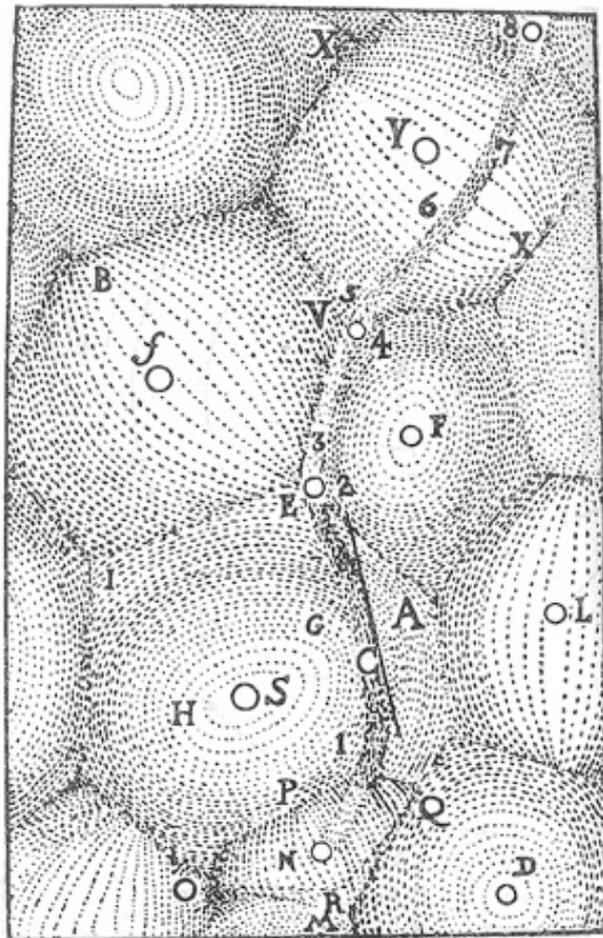
- Κόσμος= μηχανή που κινείται από φυσική αναγκαιότητα
- Αιτία κίνησης (ο Θεός διότι η ύλη είναι αδρανής εξ ορισμού)
- Γιατί η ύλη συνεχίζει να κινείται;
 - Η κίνηση είναι κατάσταση και συνεχίζεται όσο δεν επενεργεί κανένας εξωτερικός παράγοντας για να τη μεταβάλει. Μεταβιβάζεται από σώμα σε σώμα μέσω της κρούσης, αλλά η κίνηση καθ'εαυτή παραμένει ακατάλυτη.



- Εξηγεί την κρούση με βάση τη διατήρηση της συνολικής ποσότητας της κίνησης.
- Στο μηχανοκρατικό σύμπαν, εφόσον δεν υπάρχουν ενεργητικές αρχές, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των σωμάτων οφείλονται μόνο στην κρούση.
- Μαζί με τον Γκασεντί είναι από τους πρώτους που υποστήριξαν ότι η αδρανειακή κίνηση είναι ευθύγραμμη (σε αντίθεση με την κυκλική του Γαλιλαίου)
- Η καμπυλόγραμμη κίνηση οφείλεται σε εξωτερικά αίτια. Τα σώματα ασκούν μια τάση να κινηθούν μακριά από το κέντρο γύρω από το οποίο κινούνται.



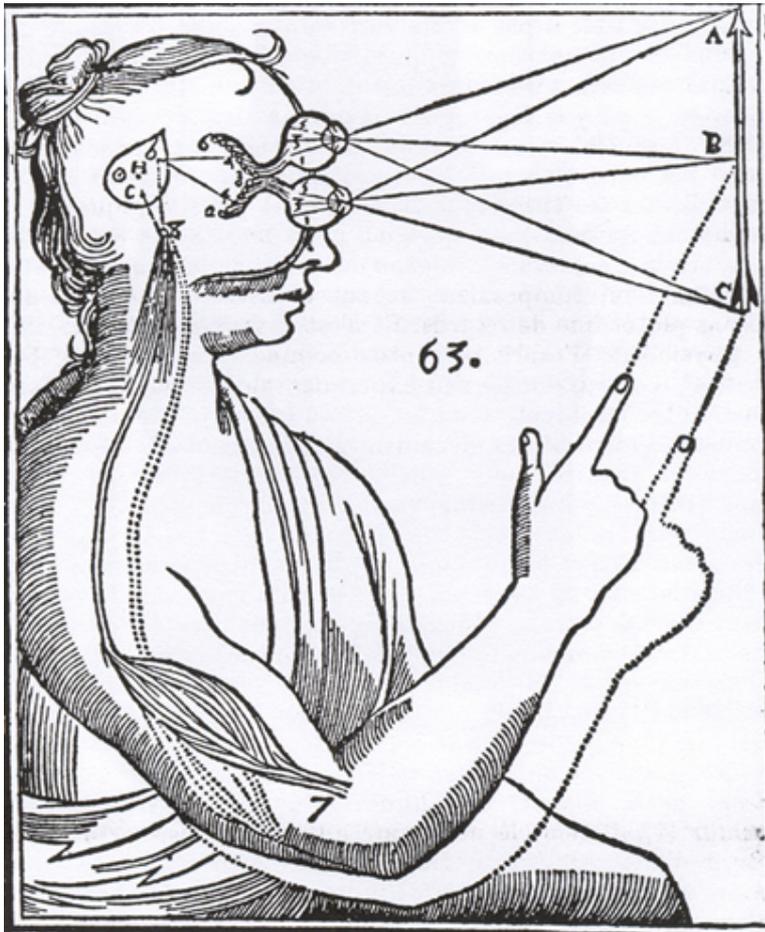
- Η κυκλική κίνηση δεν εκφράζει την τέλεια κίνηση, αλλά συνεχίζει να έχει κεντρικό ρόλο.
- Στο σύμπαν του Καρτέσιου δεν υπάρχει κενό (κάθε εκτεταμένος χώρος πρέπει να είναι υλικός).
- Δεν μπορεί να υπάρξει κενό.
- Κάθε σωματίδιο συμμετέχει σε μια κυκλική κίνηση κινούμενης ύλης (κυκλική= κλειστής τροχιάς).
- Επειδή η κυκλική κίνηση είναι αφύσικη, δημιουργούνται φυγόκεντρες δυνάμεις στο χώρο με τις οποίες εξηγούνται διάφορα φυσικά φαινόμενα.



- Η κίνηση σε ένα άπειρο σύμπαν χωρίς κενό συνεπάγεται έναν άπειρο αριθμό στροβίλων.
- Το ηλιακό μας σύστημα βρίσκεται μέσα σε μία δίνη ύλης (η τροχιά του Κρόνου είναι πολύ μικρή σε σχέση με το μέγεθος της δίνης)
- Λόγω των φυγόκεντρων τάσεων, οι πλανήτες τείνουν να απομακρυνθούν από το κέντρο αλλά μετά από κάποια απόσταση η τάση αυτή εξουδετερώνεται από την τάση της ύλης του στροβίλου η οποία κινείται πιο γρήγορα από τους πλανήτες.
- Η τροχιά του πλανήτη είναι μια ισορροπία ανάμεσα σε αυτές τις δύο τάσεις

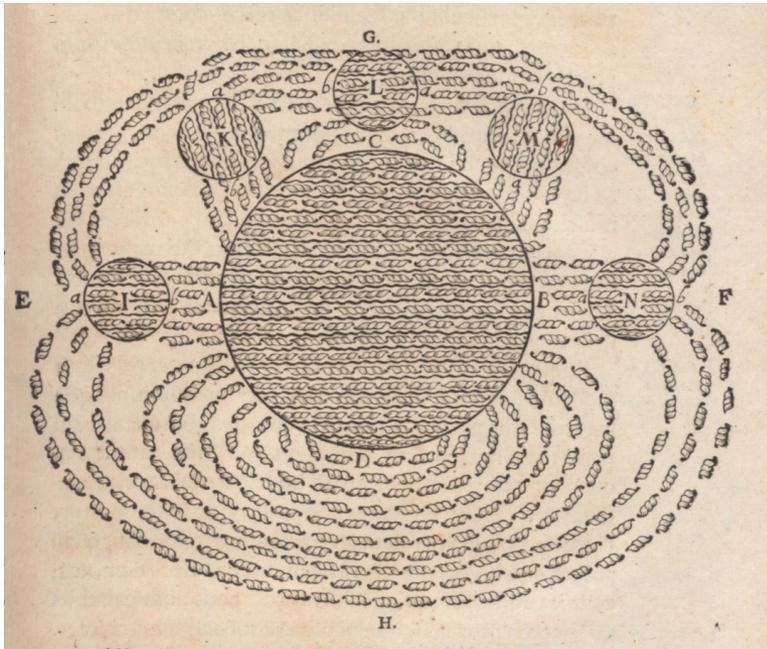
- Η θεωρία των στροβίλων είναι το πρώτο ευλογοφανές σύστημα που προτείνεται για να αντικαταστήσει τις κρυστάλλινες σφαίρες.
- Το σύστημα του Κέπλερ έχει απορριφθεί διότι θεμελιώνεται σε αρχές τις οποίες απορρίπτει η μηχανοκρατία.
- Ο στρόβιλος εξηγεί:
 - Με μηχανικό τρόπο τα σπουδαιότερα ουράνια φαινόμενα (κίνηση πλανητών γύρω από τον ήλιο) χωρίς να καταφεύγει σε άρρητες δυνάμεις
- Δεν εξηγεί:
 - Τις λεπτομέρειες των πλανητικών τροχιών (πρακτική αστρονομία)
 - Ασχολείται με τη φυσική αιτία και όχι με τη μαθηματική περιγραφή των φαινομένων.

Αλλα φυσικά φαινόμενα....



- **Φως**
Αναγκαία μηχανική συνέπεια του στροβίλου
Πηγάζει από τον ήλιο και αποτελεί μια από τις φυγόκεντρες πιέσεις.
Όταν φτάσει στον αμφιβληστροειδή, γίνεται η αιτία να κινηθεί το οπτικό νεύρο το οποίο προκαλεί το αίσθημα του φωτός.
Επειδή η πίεση είναι τάση για κίνηση, οι νόμοι της διάθλασης και της ανάκλασης είναι αναγκαίες συνέπειες της.
- **Βάρος (gravitas)**
Υπαρξη στροβίλου γύρω από τη γη.
Ανεπάρκεια της φυγόκεντρης τάσης που κάνει κάποια σώματα να πλησιάζουν το κέντρο της γης επειδή άλλα με μεγαλύτερη φ. τάση ανυψώνονται.
Δεν εξηγεί γιατί τα σώματα πέφτουν κάθετα προς την επιφάνεια της γης.

Αλλα φυσικά φαινόμενα....

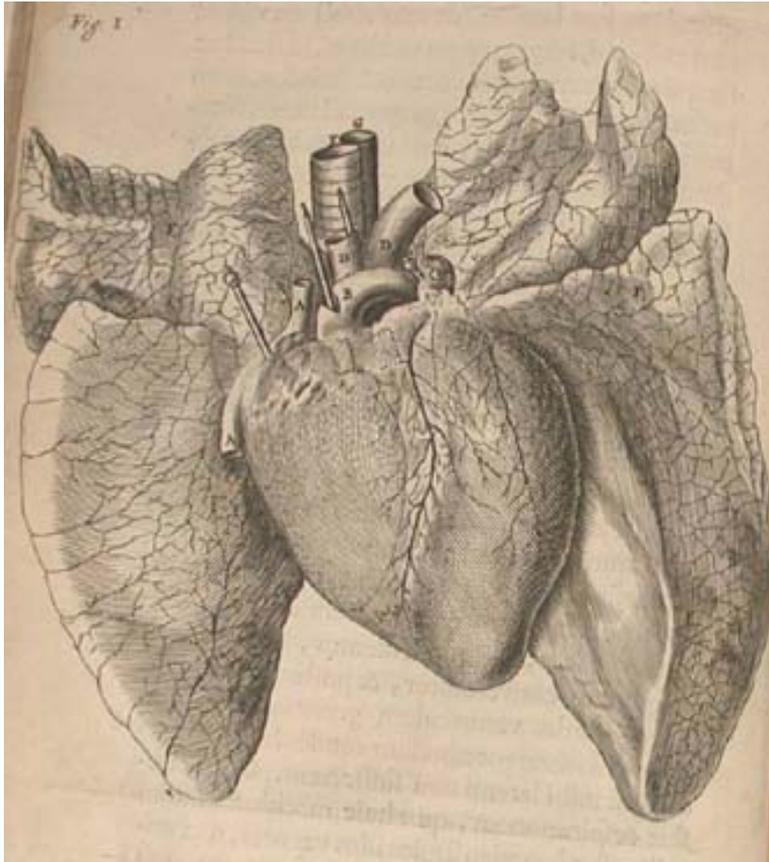


- **Μαγνητισμός**

Παραγωγή ελικοειδών σωματίων από τον στρόβιλο τα οποία εφαρμόζουν στους πόρους του σιδήρου.

Μαγνητική έλξη: κίνηση των σωματίων τα οποία περνούν μέσα από τους πόρους του μαγνήτη και του σιδήρου, διώχνουν τον αέρα που υπάρχει ανάμεσά τους και τους αναγκάζουν να πλησιάσουν ο ένας τον άλλον.

Βόρειος και Νότιος πόλος: ύπαρξη δεξιόστροφων και αριστερόστροφων κοχλίων.



- Από τα βασικά κίνητρα της καρτεσιανής επιστήμης δεν είναι η λεπτομερής διερεύνηση των φυσικών φαινομένων αλλά η ερμηνεία τους με μηχανικούς όρους.
- Υπάρχουν αιτιώδεις μηχανισμοί για όλα τα φαινόμενα.
- Ακόμα και τα οργανικά φαινόμενα εξηγούνται με καθαρά μηχανικούς όρους.
 - Στο ανθρώπινο σώμα, η καρδιά είναι βραστήρας που βράζει και διαστέλλει τις σταγόνες του αίματος οι οποίες διοχετεύονται εκεί από τις φλέβες και με την πίεση και την εξάτμιση διοχετεύονται και πάλι έξω.
 - Τα ζώα είναι πολύπλοκες μηχανές (δίχως ψυχή)

«Κληρονομιά» Descartes στη φυσική φιλοσοφία

- Αναλυτική Γεωμετρία
- Σωστός νόμος διάθλασης (ορθολογική οπτική)
- Εγκατάσταση της φυσικής μέσα την ευκλείδεια αντίληψη του χώρου.
- Αντικατάσταση της σκοπιμότητας του οργανισμού με τον απρόσωπο χαρακτήρα της μηχανής ως πρότυπου της τάξης.

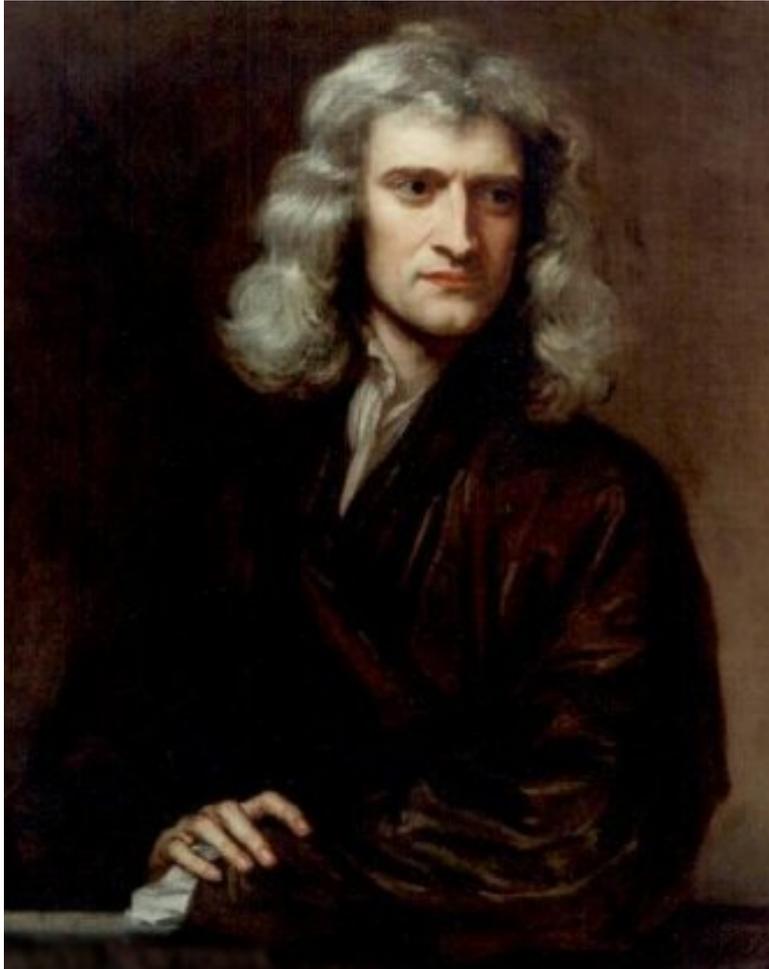
Αλλά και...

- Επλάσε από τη μεταφυσική μια βαθιά «λανθασμένη» φυσική.
- Εκτός από την περιγραφή των φαινομένων, θέλησε να εξηγήσει και τις αιτίες τους καταφεύγοντας σε διάφορους μηχανισμούς (Ο Νεύτωνας χρειάστηκε να «εκτοπίσει» τον Descartes για να επαναφέρει τη φυσική στην πορεία που είχε χαράξει ο Γαλιλαίος).



Νευτώνεια Σύνθεση

Ισαάκ Νεύτωνας (1642-1727)



- 1642, Woolsthorpe (Lincolnshire).
- 1661-65, Trinity College, Cambridge (διακρίνεται στα μαθηματικά).
- 1665-67 επιστρέφει στο Woolsthorpe για να αποφύγει μια επιδημία πανούκλας.
- Από το **1666** ως το **1668** αναπτύσσει τις βασικές του ιδέες για όλες του τις μετέπειτα έρευνες (Απειροστικός Λογισμός, θεωρία χρωμάτων και φωτός, ζήτημα βαρύτητας και κίνησης των πλανητών)
- 1669 διαδέχεται τον Isaac Barrow ως καθηγητή μαθηματικών στο Cambridge.
- 1672 εκλέγεται μέλος της Royal Society.

Κίνηση των πλανητών

- Ο Κοπέρνικος είχε κάνει λόγο για τη σφαιρικότητα των πλανητών και την κίνησή τους ως ιδιότητα της γεωμετρικής τους δομής & για τον κυρίαρχο (αλλά άγνωστο) ρόλο του ήλιου.
- Ο Κέπλερ είχε μιλήσει για την ανάγκη μελέτης των δυνάμεων που κινούν τους πλανήτες, οι οποίες πίστευε ότι πήγαζαν από τον ήλιο (*anima motrix*).
- Ο Γαλιλαίος δεν αναφέρθηκε ποτέ για τα αίτια κίνησης των πλανητών, ούτε για το αίτιο της επιτάχυνσης της ελεύθερης πτώσης.
- Διάφοροι μηχανοκράτες, όπως ο Descartes και ο Gassendi, συνεισφέρουν και αυτοί στην αντιμετώπιση των προβλημάτων της κίνησης, χωρίς όμως να συνδυάσουν κινήσεις και δυνάμεις σε μια ενιαία και συνεκτική θεωρία.

Κίνηση των πλανητών

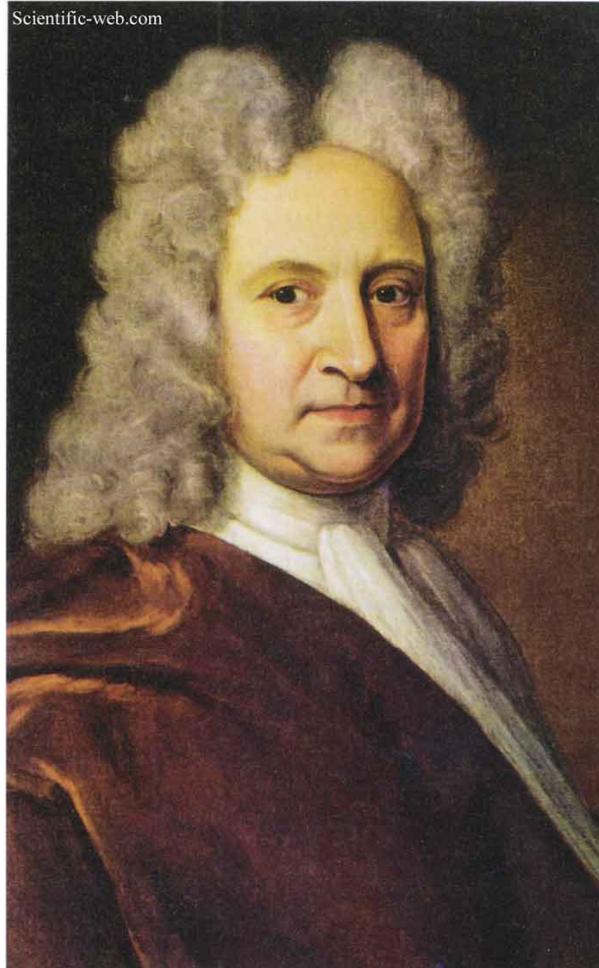
- Κατά τη δεκαετία 1660-1670 υπήρξαν διάφοροι φυσικοί φιλόσοφοι που προσπάθησαν να δώσουν λύση στο πρόβλημα της κίνησης των πλανητών.
- Η δεκαετία αυτή είναι μία από τις σημαντικότερες δεκαετίες της επιστημονικής επανάστασης, καθώς διαφορετικές ομάδες φυσικών φιλοσόφων κυρίως στην Αγγλία και τη Γαλλία εργάζονται πάνω σε κοινά προβλήματα.
- Το πρόβλημα σχετικά με την κίνηση των πλανητών είχε διατυπωθεί ως εξής: «Ποια είναι η δύναμη που πρέπει να εφαρμοστεί σε έναν πλανήτη, ώστε αυτός να ακολουθεί ελλειπτική τροχιά;»
- Στην Αγγλία, τα πρόσωπα που διακρίνονται σε αυτές τις μελέτες είναι τα μέλη της Royal Society: Isaac Newton, Robert Hooke, Edmond Halley και Christopher Wren.

Robert Hooke (1635-1703)



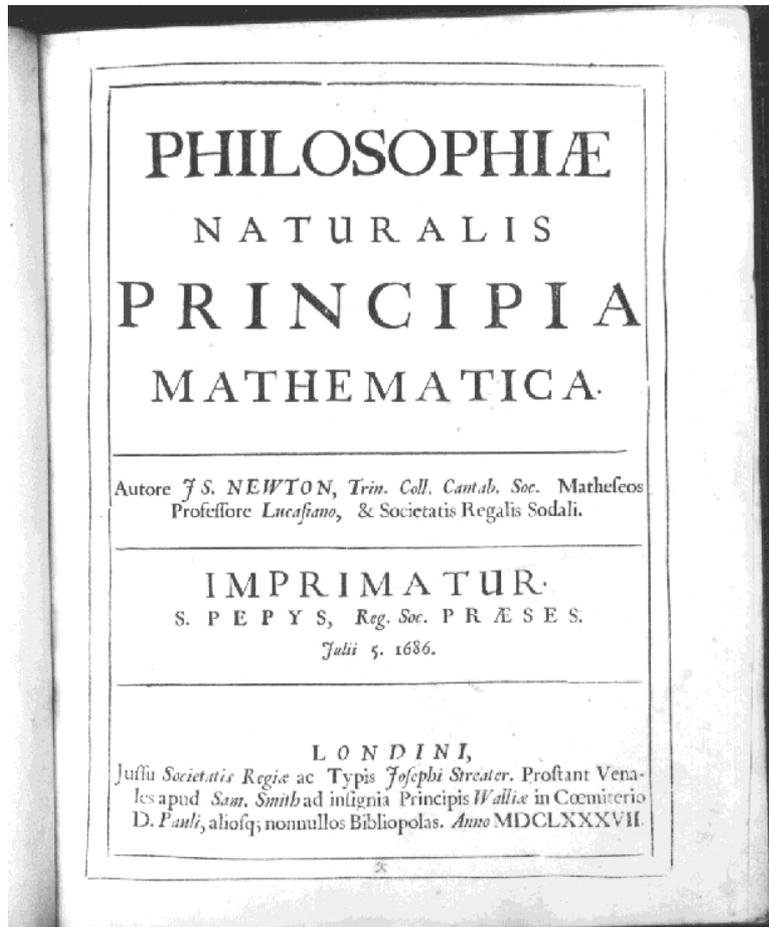
- Βοηθός των Thomas Willis και Robert Boyle στην Οξφόρδη.
- Ασχολείται με ένα μεγάλο φάσμα μελετών (αστρονομία, εκκρεμή, υπολογισμό γεωγραφικού μήκους, μικροσκοπικές παρατηρήσεις).
- Εκτελεί πειράματα στην Royal Society για 40 χρόνια.
- Προτείνει ότι η τροχιακή κίνηση των πλανητών προκαλείται από μια κεντρική δύναμη.
- Θεωρεί ότι εκτός από την επίδραση του ήλιου πάνω στους πλάνητες, κάθε ουράνιο σώμα ασκεί κάποια δύναμη πάνω σε ένα άλλο.
- Υποδεικνύει (αλλά δεν αποδεικνύει) ότι η ελάττωση της δύναμης της βαρύτητας είναι ανάλογη προς το τετράγωνο της απόστασης.

Edmond Halley (1656-1742)



- Ο Halley είχε φτάσει σε παρόμοιο συμπέρασμα (ότι θα πρέπει να υπάρχει κάποια δύναμη που δρα στους πλανήτες αντιστρόφως ανάλογα προς το τετράγωνο της απόστασης).
- Ομως δεν μπόρεσε να συνάγει από το νόμο αυτό την παρατηρούμενη τροχιά των πλανητών.
- Το 1684 επισκέφθηκε τον Isaac Newton στο Cambridge, προκειμένου να τον ρωτήσει «τι μορφή καμπύλης θα διέγραφε ένας πλανήτης αν υποθέσουμε ότι οι δυνάμεις που τον έλκουν είναι αντιστρόφως ανάλογες προς το τετράγωνο της απόστασης από αυτόν;»...
- Η απάντηση ήταν «έλλειψη», και ο Νεύτωνας μη βρίσκοντας τους υπολογισμούς του υποσχέθηκε ότι θα τους ξαναέκανε.

- Ο Νεύτωνας ξανάρχισε τη συστηματική μελέτη προβλημάτων που τον είχαν απασχολήσει πριν από 20 χρόνια.
- Απέδειξε ότι οι παρατηρούμενες τροχιές των πλανητών μπορεί να οφείλονται σε μια κεντρική δύναμη που ελαττώνεται αντιστρόφως ανάλογα προς το τετράγωνο της απόστασης.
- Η πρώτη παρουσίαση των ερευνών του έγιναν στο Cambridge και κυκλοφόρησαν στη χειρόγραφη έκδοση *Περί της κινήσεως των σωμάτων*.
- Το **1686** εκδίδει το *Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας*, το έργο που εντάσσει τις γήινες και ουράνιες κινήσεις σε μια ενιαία και συνεπή γενική θεωρία.



- Το **1686** εκδίδει το *Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας*, το έργο που εντάσσει τις γήινες και ουράνιες κινήσεις σε μια ενιαία και συνεπή γενική θεωρία.
- Διατυπωμένο σε αρχαϊκό φορμαλισμό (συνθετική γεωμετρία των αρχαίων Ελλήνων)
- Φιλοδοξία του να ενώσει τη γεωμετρία με τη μηχανική:

«και για τούτο παρουσιάζουμε αυτό το έργο ως μαθηματικές αρχές της φυσικής φιλοσοφίας. Γιατί όλη η δυσκολία της φιλοσοφίας φαίνεται ότι συνίσταται στο εξής: Από τα φαινόμενα των κινήσεων να διερευνήσει τις δυνάμεις της φύσης και κατόπιν από αυτές τις δυνάμεις να αποδείξει τα άλλα φαινόμενα».

Η έννοια της κίνησης και της δύναμης

- Η Νευτώνεια δυναμική βασίστηκε στον ριζικό μετασχηματισμό των εννοιών:
 - της **κίνησης** [βλ. Γαλιλαίος: κίνηση= είδος κατάστασης ισοδύναμης με την στάση και όχι διαδικασία μεταβολής]
 - και της **δύναμης** [όχι ως πίεση ή ώθηση ενός σώματος σε ένα άλλο όπως στους μηχανοκράτες] ως μιας αφηρημένης ποσότητας που μετριέται με τη μεταβολή της κίνησης ενός κινούμενου σώματος [η ένταξη της στα προβλήματα κίνησης δεν απαιτεί γνώση της πραγματικής της υπόστασής της]

Principia

- **Εισαγωγή:**

ορισμοί φυσικών ιδιοτήτων (μάζα, ορμή, αδράνεια και δύναμη)

3 νόμοι της κίνησης:

- 1) Ένα σώμα διατηρεί αμετάβλητη την κατάσταση της ομοιόμορφης ευθύγραμμης κίνησης ή της ακινησίας, εκτός εάν ασκηθεί επάνω του μια δύναμη.
- 2) Κάθε αλλαγή στην κίνηση ενός σώματος είναι ανάλογη με την κινούσα δύναμη που ασκείται.
- 3) Για κάθε δράση υπάρχει μια ίση και αντίθετη αντίδραση.

- **Βιβλίο I:**

- μελέτησε την κίνηση των σωμάτων υπό την επίδραση διαφορετικών δυνάμεων, δείχνοντας μεταξύ άλλων ότι εάν ένα σώμα διαγράφει ελλειπτική τροχιά, τότε η δύναμη που ασκείται σε αυτό πρέπει να μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα προς το τετράγωνο της απόστασης από το κέντρο.

- **Βιβλίο II:**

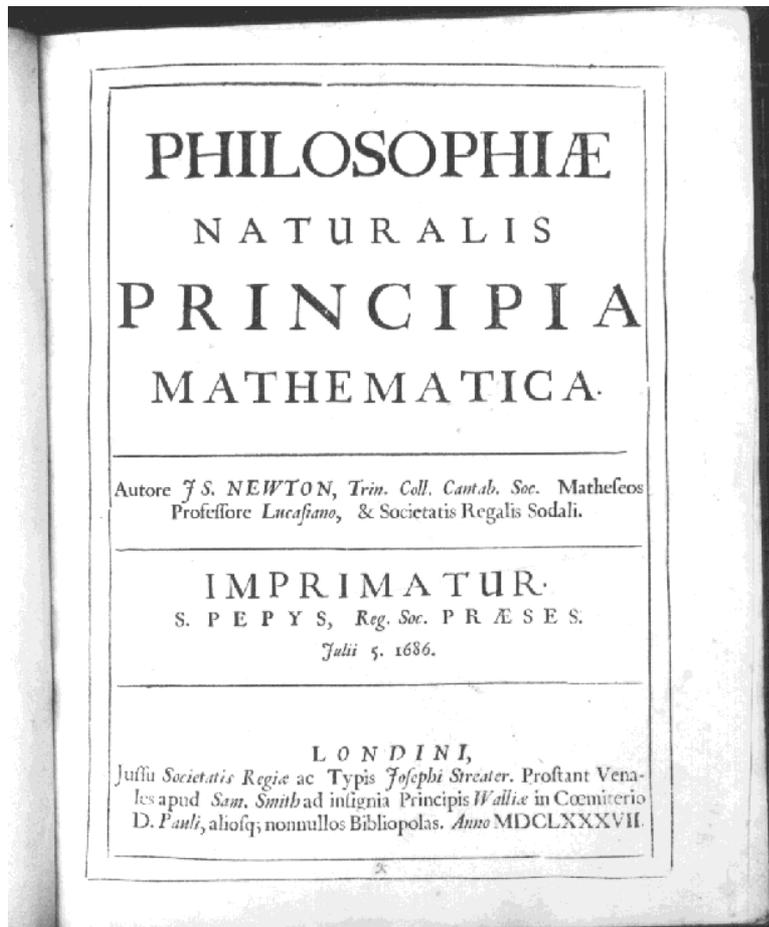
- μελέτησε τις κινήσεις των σωμάτων σε διάφορα ανθιστάμενα μέσα .

- **Βιβλίο III («Σύστημα του Κόσμου»):**

- εφάρμοσε τη γενική θεωρία που είχε αναπτύξει στο πρώτο βιβλίο ειδικότερα για τις κινήσεις των ουρανίων σωμάτων, θεμελιώνοντας στην πορεία το νόμο της παγκόσμιας έλξης.

3ο βιβλίο: «Το Σύστημα του Κόσμου»

- Επιθυμεί να αποδείξει ότι οι δυνάμεις που διατηρούν τους δορυφόρους στην τροχιά τους είναι της ίδιας φύσης, και δεν διαφέρουν από τη δύναμη που κάνει ένα μήλο να πέσει στη γη.
- Αποδεικνύει ότι μια σφαίρα έλκει οποιοδήποτε σώμα έξω από αυτή με δύναμη ανάλογη προς τη συνολική της μάζα και αντιστρόφως ανάλογη προς την απόσταση του σώματος από το κέντρο της.
- «Η οικονομία της φύσης απαιτεί από εμάς να αποδώσουμε στη βαρύτητα τη δύναμη που δρα στους πλανήτες».
- Στο υπόλοιπο του 3^{ου} βιβλίου χρησιμοποιεί το νόμο της παγκόσμιας έλξης προκειμένου να εξετάσει μια σειρά από άλλα φαινόμενα (παλίρροιες, ανωμαλίες της κίνησης της σελήνης, τροχιές κομητών κ.α.)



- Αντιδράσεις από σύγχρονους του Νεύτωνα (π.χ. Leibnitz, Huygens) κυρίως σε 2 σημεία:
 - **Βαρύτητα** (δύναμη εξ αποστάσεως---μυστήριο)
 - Υπαρξη **κενού**.

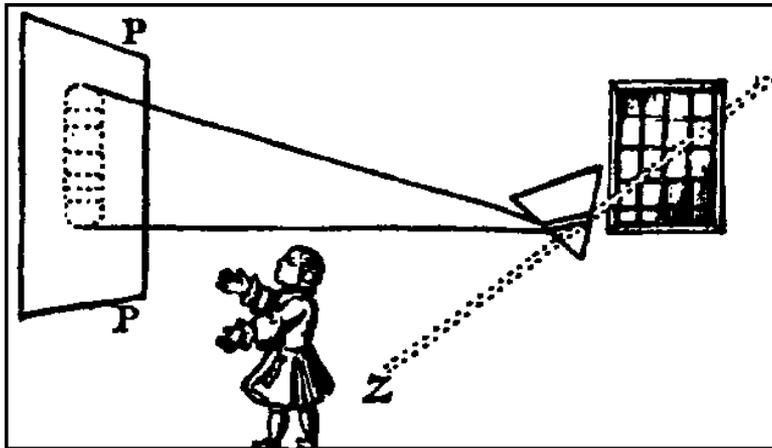
Νευτώνεια Σύνθεση

- Νέα εικόνα λειτουργίας του υλικού κόσμου:
 - **Υλη** (άπειρος αριθμός σωματιδίων διακριτών και μεμονωμένων, συμπαγών και αναλλοίωτων αλλά όχι όμοιων)
 - **Κίνηση** (μεταφέρει τα σωματίδια στον άπειρο κενό χώρο χωρίς να μεταβάλλει τη φύση τους)
 - **Χώρος** (άπειρο ομοιογενές κενό στο οποίο κινούνται χωρίς αντίσταση τα σωματίδια)
 - **Ελξη** (η δύναμη που ενώνει και συγκρατεί τον κόσμο της ύλης στον άπειρο κενό χώρο)

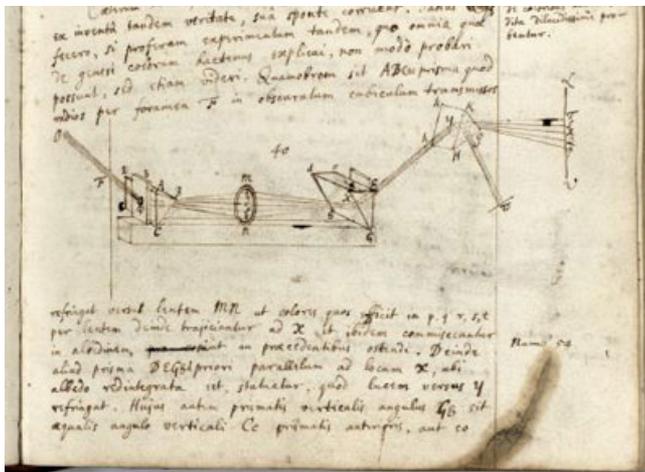
Νευτώνεια σύνθεση

- Ενιαία θεωρία για τη σχέση κίνησης και δύναμης
 - Επαναφέρει τη μαθηματική περιγραφή των φαινομένων με ποσοτικούς όρους (υπερβαίνει τα αδιέξοδα της μηχανοκρατίας).
 - Με τη μαθηματική περιγραφή φυσικών εννοιών δεν είναι απαραίτητη η κατανόηση της υπόστασής τους (πχ. μαθηματική έννοια της δύναμης).
 - Η μαθηματική διατύπωση φυσικών εννοιών είναι αναγκαία προκειμένου τα φαινόμενα να περιγραφούν στη συνέχεια με μηχανικό τρόπο.
 - Η ορθότητα των μαθηματικών διατυπώσεων έγκειται στην χρησιμότητά τους στις αποδείξεις και όχι στις υποθέσεις που αφορούν την προέλευσή τους (π.χ νόμος της Παγκόσμιας Ελξης).
- Στόχος της φυσικής είναι η μαθηματική περιγραφή των φαινομένων χωρίς να είναι απαραίτητη η εξήγηση των αιτιών τους.
- Σε αντίθεση με τους μηχανοκράτες, ο Νεύτωνας θεωρούσε ότι η ανθρώπινη διάνοια δεν μπορεί να γνωρίσει το «είναι» των πραγμάτων.

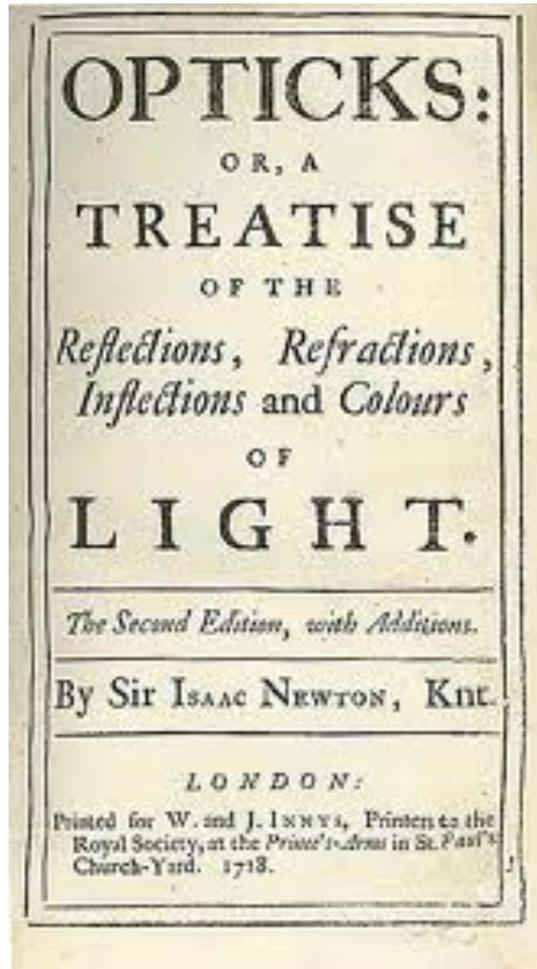
Οπτική



- Αποδεικνύει με μια σειρά πειραμάτων ότι το λευκό φως δεν είναι μια απλή ομοιογενής οντότητα αλλά η σύνθεση όλων των χρωμάτων.
- Διαθλά μια δέσμη ηλιακού φωτός μέσα σ' ένα τριγωνικό πρίσμα και παρατηρεί την προβολή των χρωμάτων
- Διαθλά μια ακτίνα από κάθε χρώμα μέσα από ένα δεύτερο πρίσμα, και διαπιστώνει ότι η διαθλαστικότητα είναι σταθερό μέγεθος για κάθε χρώμα.



Οπτική



- Το 1672 στέλνει στη Βασιλική Εταιρεία μια έκθεση όπου περιγράφει τα πειράματά του.
- Η μελέτη του προκαλεί αντιδράσεις με κύριο εκφραστή τους τον Robert Hooke. [Η διαπίστωση του Νεύτωνα για τη φύση του φωτός ήταν αντίθετη με την παραδοσιακή αντίληψη που ήθελε το λευκό φως να είναι μια ομοιογενής οντότητα].
- Προσπαθεί να απαντήσει σε όλους τους επικριτές του, και δημοσιεύει το 1675 μια 2^η πραγματεία για τα χρώματα και το φως που επίσης συναντά αντιδράσεις.
- Μόλις το 1704 αποφασίζει να δημοσιεύσει το σύνολο των ερευνών του σε θέματα οπτικής (αφού έχει προηγηθεί ο θάνατος του Hooke).

2^η έκδοση Οπτικής (1717)

- Χρησιμοποίησε το βιβλίο και τις επόμενες εκδόσεις του για να περιγράψει το όραμά του για τη μελλοντική πορεία της φυσικής φιλοσοφίας.
 - Ενδίδει στην κριτική για τη φύση της βαρύτητας (είτε μηχανικά αίτια είτε απόκρυφη ιδιότητα).
 - Εξηγεί τη δράση της βαρύτητας με έναν αιθέρα που γεμίζει το σύμπαν και αποτελείται από σωματίδια τα οποία αλληλοαπωθούνται εξ αποστάσεως.
 - Θεωρεί τις δυνάμεις μεταξύ σωματιδίων πραγματικές οντότητες.
 - Την αιτία τους την αποδίδει σε θεϊκές ενέργειες.

- Οσο δούλευε πάνω στα ζητήματα που τον οδήγησαν στο *Principia* και την Οπτική, ο Νεύτων προχωρούσε ταυτόχρονα και προς δύο άλλες ερευνητικές κατεύθυνσεις:
 - **Θεολογία:** μελέτη των παλαιών βιβλικών κειμένων σε μια προσπάθεια να ανακτήσει την αρχέγονη και ανόθευτη μορφή της ιερής ιστορίας της Δημιουργίας.
 - **Αλχημεία:** Τα αλχημικά κείμενα και πειράματα αποτελούσαν μια ακόμη πιθανή οδό μέσω της οποίας θα μπορούσε να ανακαλύψει εκ νέου τα όσα γνώριζαν οι αρχαίοι φιλόσοφοι για τη φύση και τη δομή του κόσμου.