



Ιστορία Φυσικών Επιστημών

Εαρινό εξάμηνο 2014

Φαίδρα Παπανελοπούλου

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



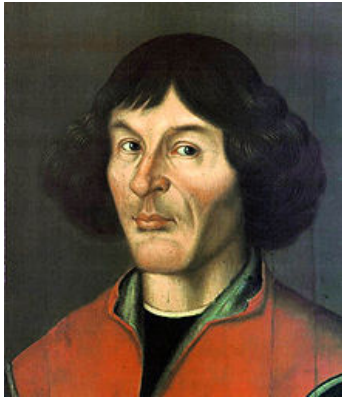
Επιστημονική Επανάσταση

- Υπήρξε πράγματι μια «Επιστημονική Επανάσταση» στη διάρκεια του 17^{ου} αιώνα;
- *Παραδοσιακή απάντηση:* οι θεμελιώδεις αλλαγές που έγιναν όσον αφορά τους τρόπους με τους οποίους ο δυτικός πολιτισμός αντιλαμβανόταν το σύμπαν και τις μεθόδους που χρησιμοποιούσε για την ανακάλυψη του σύμπαντος την περίοδο εκείνη ήταν τόσο κατακλυσμιαίες, ώστε δικαίως περιγράφονται ως επαναστατικές.
- *A.Koyré:* «κατέστρεψαν ένα κόσμο και τον αντικατέστησαν με έναν άλλο»
- *H. Butterfield:* «επισκιάζει κάθε άλλο φαινόμενο που ακολούθησε την άνοδο του χριστιανισμού, υποβιβάζοντας την Αναγέννηση και τη Μεταρρύθμιση στην τάξη απλών επεισοδίων...» [σελ. 9]

- Μπορούμε να μιλάμε για «επιστήμη» τον 17^ο αιώνα;
- Με βάση όσα γνωρίζουμε για τον Μεσαίωνα, μπορούμε να μιλήσουμε για μια άνευ προηγουμένου ρήξη με το παρελθόν;
- Υπάρχει μια και μοναδική επιστημονική μέθοδος;
- *Όμως τα ίδια τα ιστορικά υποκείμενα θεωρούσαν ότι συμμετείχαν σε μια επαναστατική διαδικασία....*

Αστρονομία

Απο το γεωκεντρικό στο ηλιοκεντρικό σύμπαν



N. Copernicus
(1473-1543)



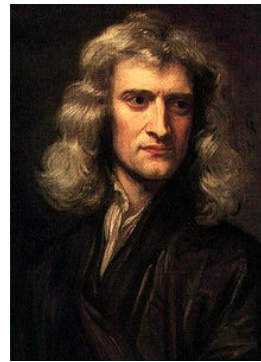
T. Brahe
(1546-1601)



G. Galilei
(1564-1642)



J. Kepler
(1581- 1630)



I. Newton
(1643-1727)

Αστρονομία

- Πριν τον 17^ο αιώνα δεν αποτελεί μέρος της φυσικής φιλοσοφίας.
- *Αστρονομία & μαθηματικά*: συμβεβηκότα & φαινόμενα [κατασκευή αναπαραστάσεων που περιγράφουν και προβλέπουν με ακρίβεια τις φαινόμενες κινήσεις] / *Φυσική φιλοσοφία*: αληθή αίτια των πραγμάτων [περιγραφή του πως πραγματικά ήταν η δομή του σύμπαντος]
- Διαφορετική θέση στα πανεπιστημιακά προγράμματα σπουδών
- Διαφορετικό status στον κόσμο της διανόησης αλλά και κοινωνικά.
- Πτολεμαϊκό σύστημα (γεωμετρικές τεχνικές στην κατεύθυνση του «σώζειν τα φαινόμενα»)
- Κοπέρνικος (μια ακόμα ευφυής προσπάθεια στην κατεύθυνση του «σώζειν τα φαινόμενα»;

- Μετά τη δημοσίευση του έργου του Κοπέρνικου, η αστρονομία στρέφεται σταδιακά προς την αποδοχή της ηλιοκεντρικής θέσης.
- Όσο η αστρονομία περιοριζόταν στο να «σώζει τα φαινόμενα», η σταδιακή αυτή αποδοχή δεν έχει ιδιαίτερες επιπτώσεις (καλύτερος τρόπος υπολογισμού των ουράνιων κινήσεων)
- Η αποφασιστική καμπή δεν είναι η μεταστροφή από τον γεωκεντρισμό στον ηλιοκεντρισμό, αλλά η κατάργηση των ορίων μεταξύ υποσελήνιας και υπερσελήνιας περιοχής (η επέκταση της γήινης φθοράς στους ουρανούς)
- Αλλαγές και στην κοινωνική θέση των αστρονόμων και φυσικών φιλοσόφων. Οι αστρονόμοι μπορούν να εκφέρουν απόψεις πάνω σε φιλοσοφικά θέματα.
- Οι περισσότεροι αστρονόμοι απέκτησαν φήμη εκτός των πανεπιστημίων.

Αστρονομία

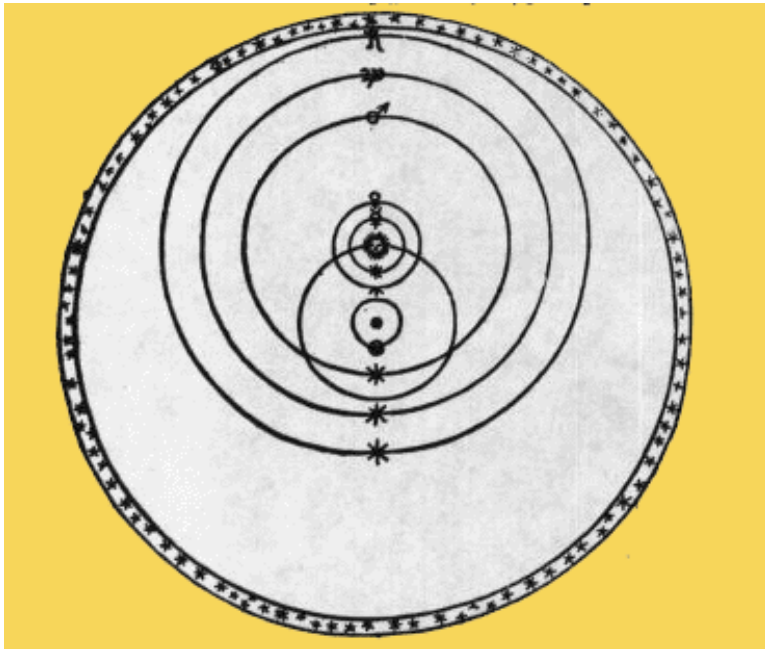
Σημασία πατρωνίας για τη διεξαγωγή αστρονομικού έργου (16^{ος}-17^{ος} αι)



Τύχο Μπράχε (1546-1601)

- Αριστοκρατικής καταγωγής.
- Υποστήριξη από το θρόνο της Δανίας.
- Παραχώρηση νησιού για την ανέγερση προσωπικού αστεροσκοπείου.
- Κατασκευή αστρονομικών οργάνων.
- Λεπτομερείς αστρονομικές παρατηρήσεις [σύνταξη αστρονομικών πινάκων για υπολογισμό ημερολογίου και εκκλησιαστικών εορτών].
- Παρατήρηση ενός **νέου αστέρα** (1572).
- 1577-1596: παρατηρήσεις κομητών.
- 1597: Πράγα

Τυχώνναιο αστρονομικό σύστημα

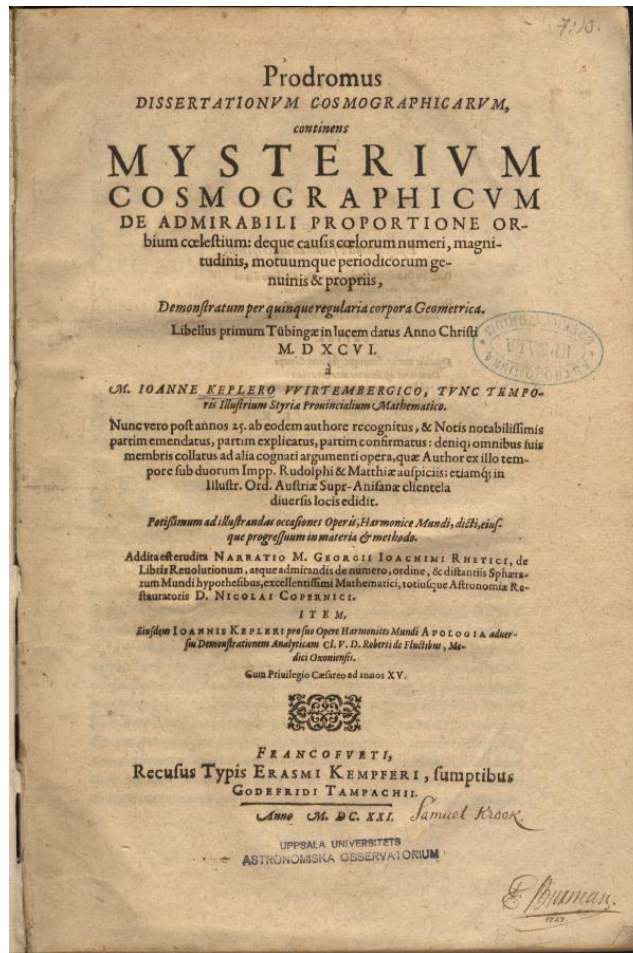


- Συνδιασμός γεωκεντρικού και ηλιοκεντρικού μοντέλου.
- Γη στο κέντρο του σύμπαντος με τον Ηλιο και τη Σελήνη σε τροχιά γύρω της, και τους υπόλοιπους πλανήτες σε τροχιά γύρω από τον Ηλιο.
- Ευλογοφάνεια αριστοτελικού κόσμου
- Ακρίβεια και απλότητα του κοπερνίκειου μοντέλου

Johannes Kepler (1571-1630)

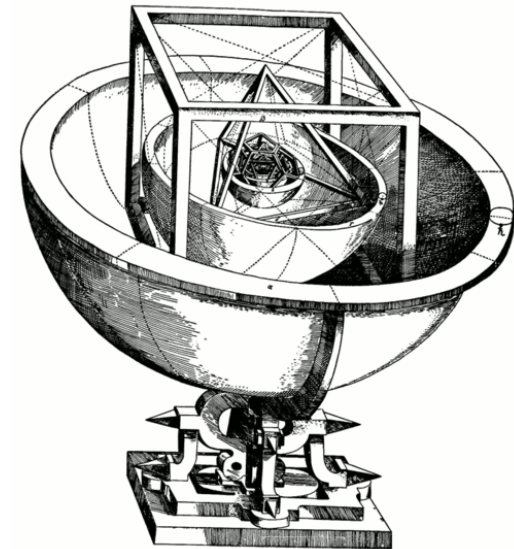


- Υπό την προστασία του Τύχο, στην Πράγα στην Αυλή του Ροδόλφου II.
- Προς υπεράσπιση του τυχώνειου συστήματος με χρήση ενός τεράστιου όγκου παρατηρήσεων.
- 1601: διαδέχεται τον Τύχο στη θέση του αυτοκρατορικού μαθηματικού του Ροδόλφου (κληρονομεί αστρονομικά όργανα, παρατηρησιακά δεδομένα).
- Επηρεασμένος από τον πλατωνισμό προσπαθεί να ανάγει τις παρατηρήσεις του Τύχο σε ένα απλό νόμο που έπρεπε να ακολουθούν οι πλανήτες.

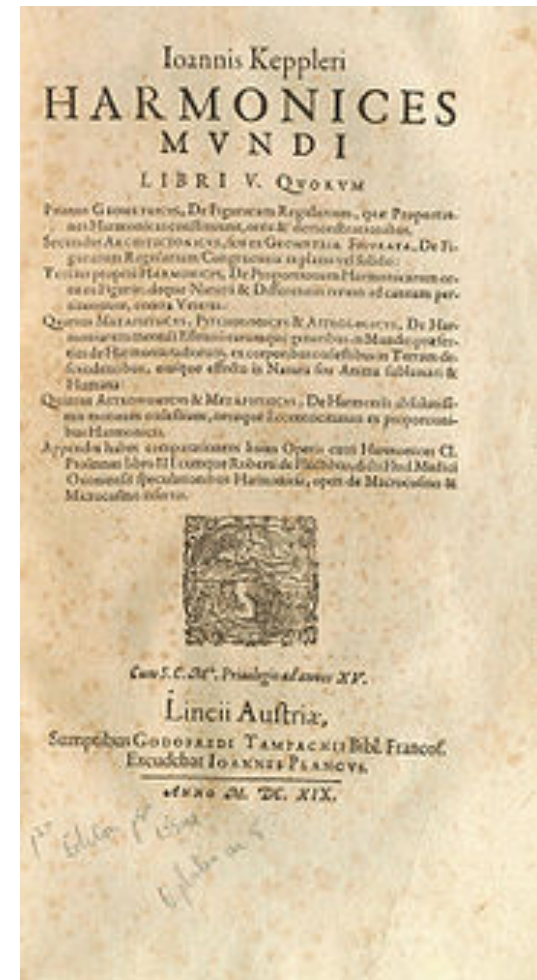


Κοσμογραφικό Μυστήριο, 1596

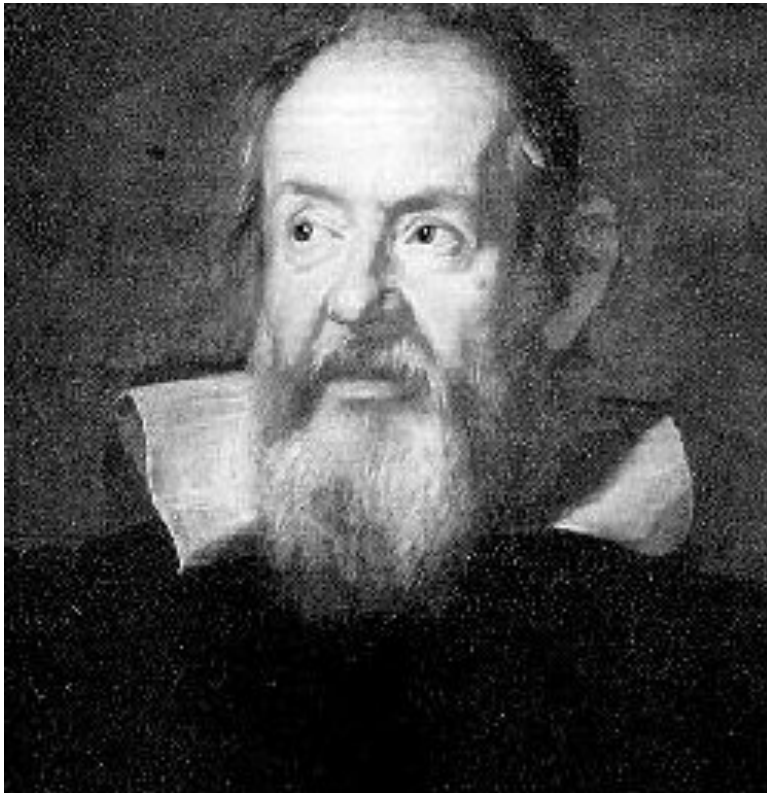
- Σύστημα για το σύμπαν, όπου οι αποστάσεις μεταξύ των τροχιών στις οποίες περιφέρονται οι πλανήτες γύρω από τον Ηλιο καθορίζονται από την ακολουθία των κανονικών πλατωνικών στερεών.



- **1607:** δημοσιεύει τα αποτελέσματα των υπολογισμών του και διαπιστώνει ότι τόσο ο Κοπέρνικος όσο και ο Τύχο Μπράχε έκαναν λάθος: οι τροχιές των πλανητών γύρω από τον Ηλιο δεν είναι κυκλικές αλλά **ελλειπτικές**.
- **1619:** Δημοσιεύει το *Κοσμική Αρμονία*, όπου εδραίωνε την πεποίθησή του ότι το σύμπαν λειτουργεί σύμφωνα με τους νόμους της αρμονίας.
- **Νέα θέση αστρονομίας:** ένας αστρονόμος και μαθηματικός μπορεί να έχει συμβολή σε συζητήσεις περί φυσικής φιλοσοφίας

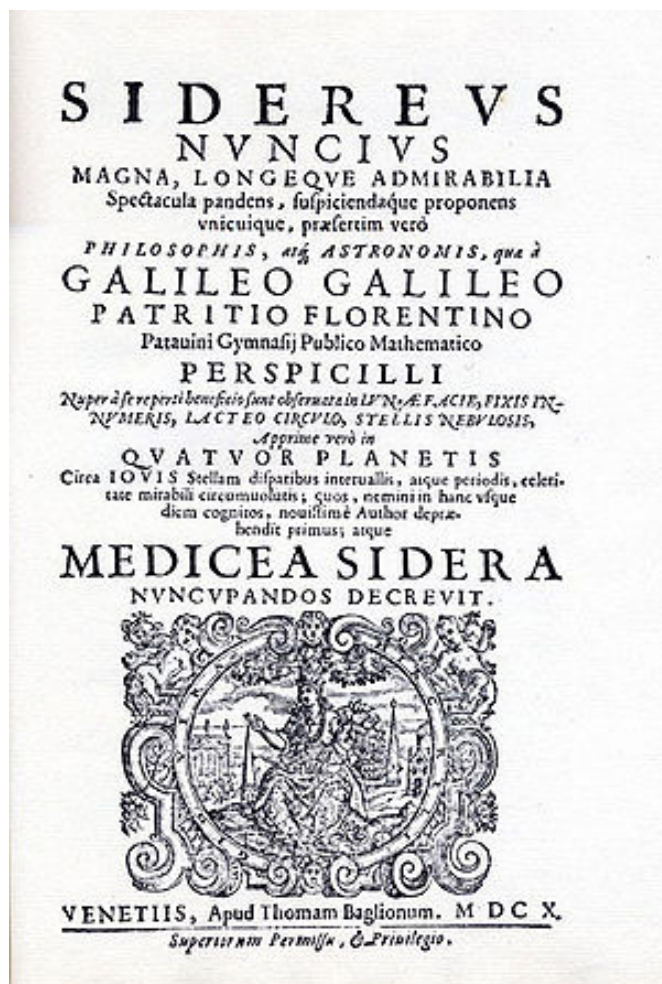


Γαλιλαίος Γαλιλέι (1564-1642)



- Σπουδές μαθηματικών στην Πίζα (χωρίς πτυχίο) & έδρα μαθηματικών στο ίδιο παν/μιο (1589)
- 1592-1610: Παν/μιο Πάντοβας (γεωμετρία, μηχανική, αστρονομία)
- Επηρέαστηκε από τον Αρχιμήδη (μαθηματική περιγραφή των φυσικών φαινομένων)
- Κατά του Αριστοτέλη τόσο για την άκριτη παραδοχή των αισθητηριακών δεδομένων, όσο και για την έλλειψη μαθηματικών.

Ο αγγελιοφόρος των άστρων (1610)



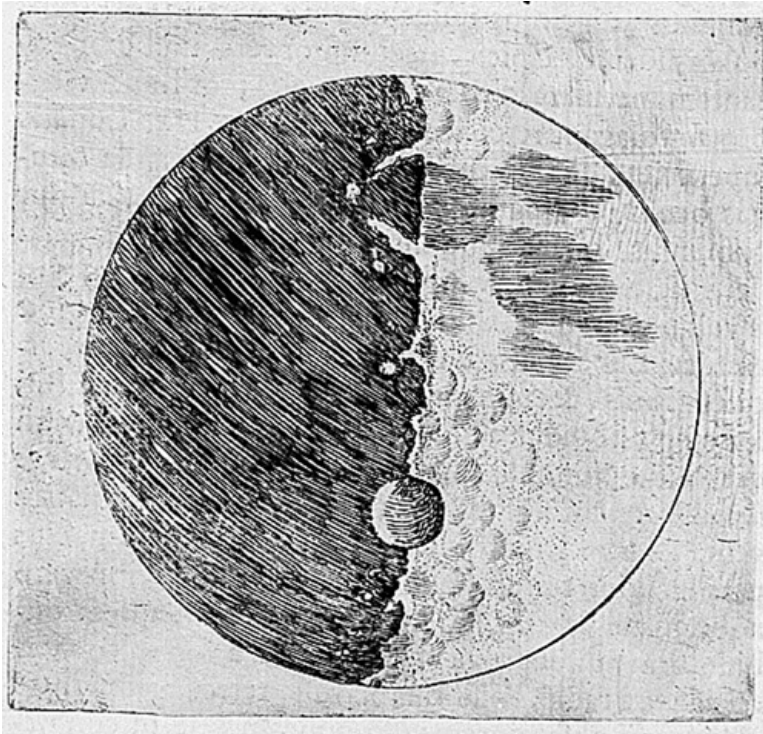
- Πρώτη έκθεση για τις παρατηρήσεις των ουρανών με το **τηλεσκόπιο**
- Γραμμένο στα λατινικά
- Ισχυρές ενδείξεις υπέρ του Κοπερνίκειου συστήματος

Τηλεσκόπιο



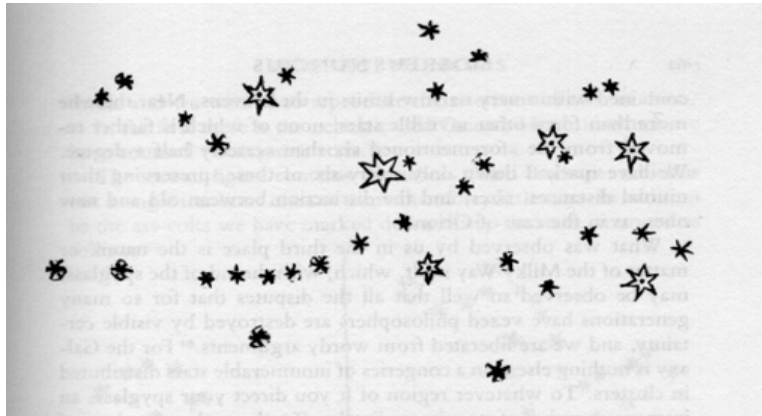
- 1608: κατασκευάζεται για πρώτη φορά το τηλεσκόπιο από Ολλανδούς
- 1609: ο Γαλιλαίος γνωρίζει για την ύπαρξη τηλεσκοπίου και κατασκευάζει ο ίδιος ένα.
- Αν και ίσως δεν είναι ο πρώτος που το στρέφει προς τους ουρανοί, είναι ο πρώτος που δημοσιεύει τις παρατηρήσεις του.

Η επιφάνεια της σελήνης



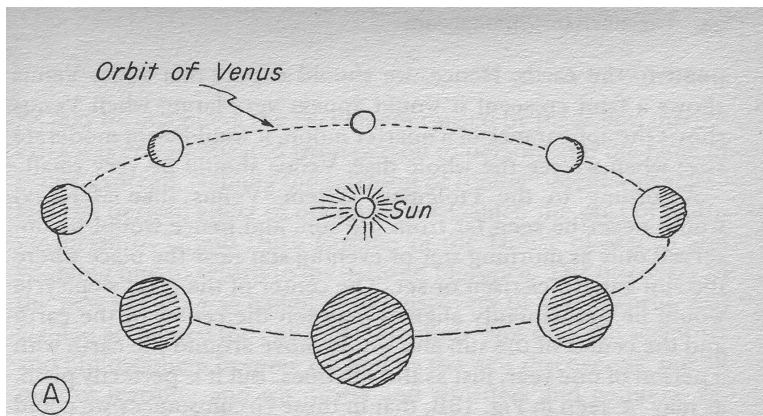
- Το πρώτο ουράνιο σώμα που μελετά συστηματικά.
- Η επιφάνεια της σελήνης μοιάζει σαν μια έρημη γη (όρη και κοιλάδες, ωκεανοί και θάλασσες με νησιά).
- Δεν είναι η τέλεια και ομοιόμορφη σφαίρα των αρχαίων.
- Η ορατότητά της οφείλεται στην αντανάκλαση του ηλιακού φωτός.

Αστρα



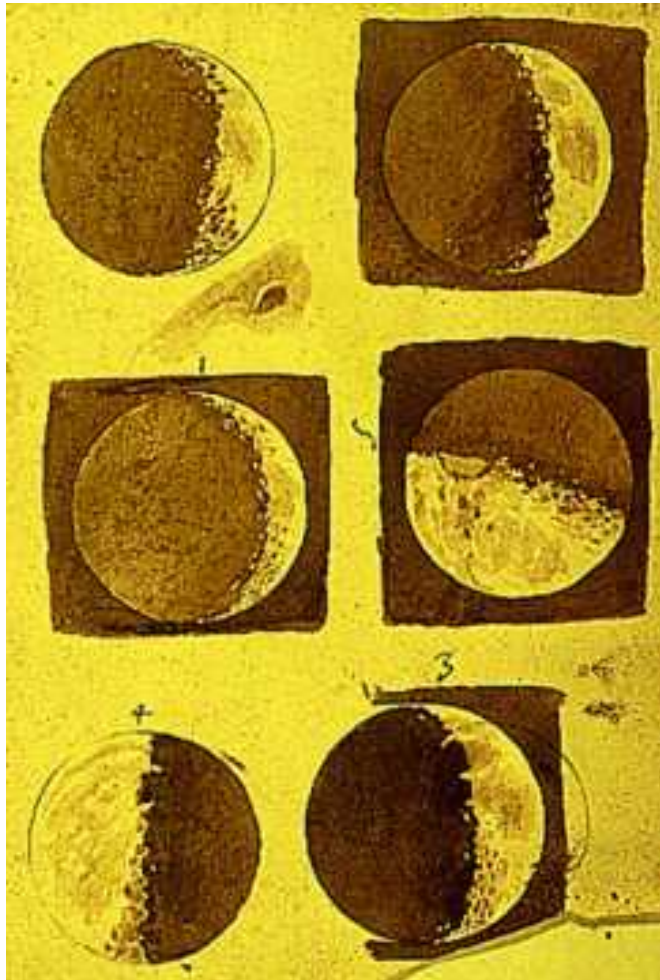
- Το τηλεσκόπιο καθιστά ορατό ένα τεράστιο πλήθος άστρων που δεν ήταν ορατά.
- Η μεγέθυνση του τηλεσκοπίου δεν είναι ικανή για την παρατήρηση της επιφάνειας τους (ιδιαίτερα μακριά).
- Ανακάλυψη των δορυφόρων του Δία («Μεδικιανά αστέρια»): μικρογραφία του ηλιακού συστήματος.

Φάσεις της Αφροδίτης



- Ετερόφωτος πλανήτης (φωτίζεται από την αντανάκλαση του ηλιακού φωτός)
- Η Αφροδίτη «αλλάζει σχήμα και μορφή με τον ίδιο τρόπο που το κάνει και η σελήνη».
- Πλήρης κύκλος φάσεων, το μέγεθος των οποίων φαίνεται να μεταβάλλεται (εξαιτίας της μεταβολής της απόστασής της από τη γη).
- Δεν εξηγούνται με το Πτολεμαϊκό σύστημα.

Ενας νέος κόσμος



- Διορίζεται Φιλόσοφος στην αυλή των Μεδίκων στη Φλωρεντία.
- Η ανακάλυψη των νέων άστρων παρομοιάζεται με την ανακάλυψη του νέου κόσμου από τον Κολόμβο.
- Αναφορές σε έργα ζωγραφικής, ποιήματα κτλ

- Μετά τις αστρονομικές ανακαλύψεις του 1610 ο Γαλιλαίος εγκαταλείπει κάθε επιφυλακτική στάση έναντι του Κοπερνίκειου συστήματος.
- Γράφει στον Ιουλιανό των Μεδίκων, « έχουμε φρόνιμες και ασφαλείς αποδείξεις δύο εξαιρετικά σημαντικών ζητημάτων τα οποία μέχρι τώρα απασχόλησαν και αμφισβητήθηκαν από τα μεγαλύτερα πνεύματα του κόσμου»:
 - Ο,τι οι πλανήτες είναι σκιερά σώματα
 - Ο,τι οι πλανήτες περιστρέφονται γύρω από τον Ηλιο
- Ανακοινώνει στο γραμματέα του μεγάλου δούκα των Μεδίκων τα σχέδια του για τη συγγραφή βιβλίων σχετικά με το σύστημα και τη συγκρότηση του σύμπαντος, για την τοπική κίνηση, για τη μηχανική και για φαινόμενα όπως οι παλίρροιες.
- Η νέα φυσική και νέα αστρονομία δεν έπρεπε να αποδείξουν μόνο την κοπερνίκεια αλήθεια, αλλά και να θεμελιώσουν μια νέα επιστήμη της φύσης.

- Η επίλυση των προβλημάτων φυσικής που προκύπτουν πάνω σε μια κινούμενη γη είναι πλέον απαραίτητη.
- Οι αστρονομικές παρατηρήσεις αποτελούν την αρχή της κατάλυσης της διάκρισης μεταξύ γήινης και ουράνιας περιοχής. [Υπάρχει ένα μοναδικό είδος ύλης, και άρα ένα μόνο είδος φυσικής κίνησης. Άρα πρέπει να υπάρχει ένα νόμος για την κίνηση ο οποίος θα ισχύει για όλα τα σώματα του σύμπαντος].
- Με αυτές τις αλλαγές ήταν απαραίτητη:
 - Η καθιέρωση γενικών αρχών σχετικά με τη φύση της κίνησης (ένας νέος τρόπος αντιμετώπισης της κίνησης των σωμάτων σε μια κινούμενη γη) [Η αλλαγή δεν είναι μόνο από το γεωκεντρικό στο ηλιοκεντρικό σύστημα, αλλά από ένα μαθηματικό πλανητικό μοντέλο σε ένα φυσικό μοντέλο]
- Τα κύρια προβλήματα προς επίλυση ήταν δύο:
 - Να απαντηθεί το γιατί τα σώματα σε μια κινούμενη γη πέφτουν με τον ίδιο τρόπο που θα έπεφταν σε μια στάσιμη γη.
 - Να διατυπωθούν νέες αρχές για την κίνηση των σωμάτων σε ελεύθερη πτώση

Προς μια αδρανειακή φυσική

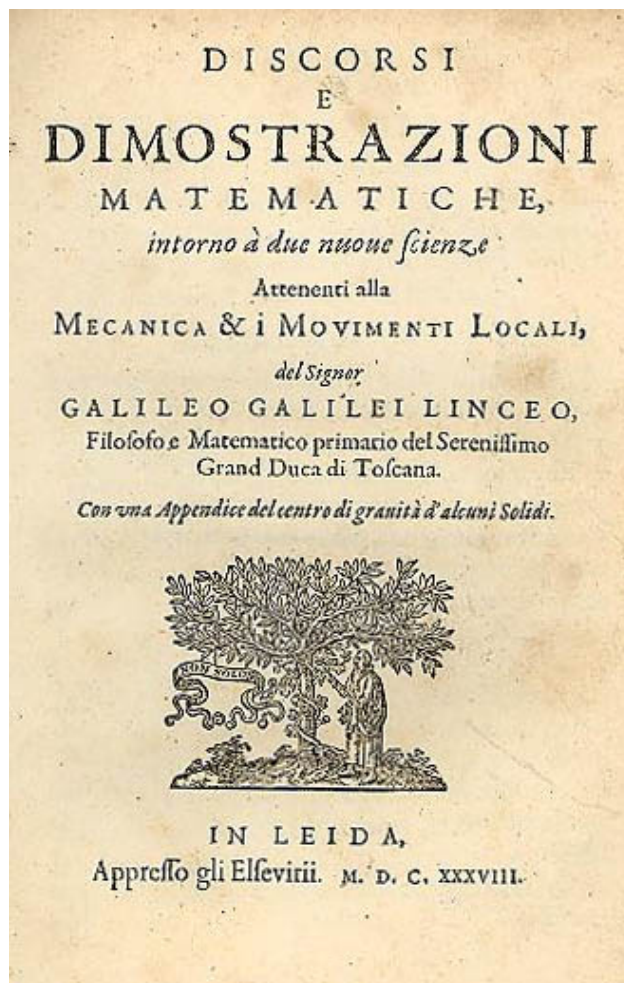
Ομαλή ευθύγραμμη κίνηση:

Η ευθύγραμμη κίνηση στην οποία έχουμε κάλυψη ίσων αποστάσεων σε οποιαδήποτε ίσα χρονικά διαστήματα.

Τι θα συμβεί αν σε ένα πλοίο που κινείται ευθύγραμμα ομαλά αφήσουμε ένα βάρος να πέσει ελεύθερα;

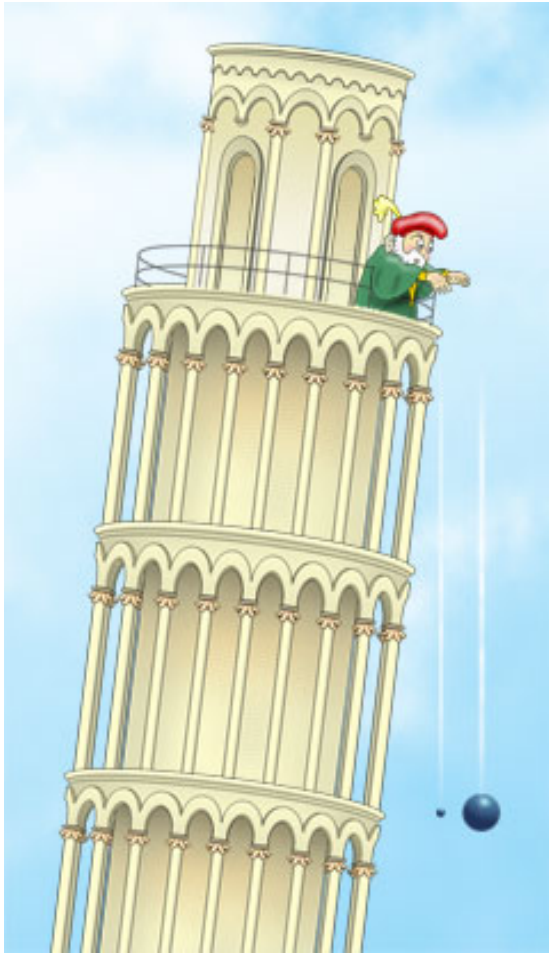
Το σώμα θα πέσει κατακόρυφα κάτω σε σχέση με το πλαίσιο αναφορά (πχ. η καμπίνα του πλοίου), είτε το πλοίο κινείται ευθύγραμμα ομαλά είτε παραμένει ακίνητο.

[Κανένα πείραμα δεν μπορεί να αποδείξει αν το πλοίο κινείται ή όχι]



- Η ενασχόληση του Γαλιλαίου με το πρόβλημα της κίνησης έχει 3 όψεις:
 - Την ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση
 - Την αδρανειακή κίνηση (αν και δεν την ονομάζει έτσι!)
 - Την ανάλυση σύνθετων κινήσεων
- Οι θέσεις του παρουσιάζονται σε ολοκληρωμένη μορφή στο τελευταίο του βιβλίο *Συζητήσεις και μαθηματικές αποδείξεις περί των δύο νέων επιστημών* (1638).

Ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση



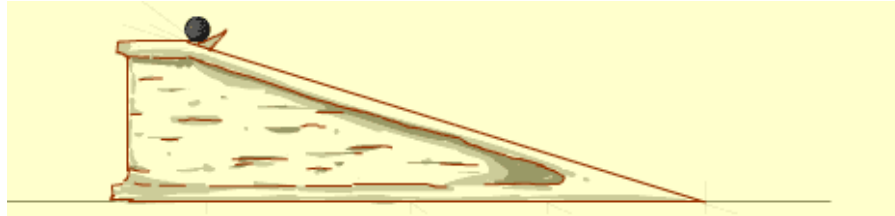
- Πειραματισμός με σώματα διαφορετικού βάρους που πέφτουν από συγκεκριμένο ύψος.
- Κατά του Αριστοτέλη (η ταχύτητα των σωμάτων είναι ανάλογη προς το βάρος τους).
- Χρήση αφηρημένης σκέψης (διατύπωση νόμων που σχετίζονται με την άμεση παρατήρηση).
- Χρήση πειράματος

«Σ' αυτή τη διερεύνηση της φυσικά επιταχυνόμενης κίνησης έχουμε καθοδηγηθεί, σαν να μας πιάνουν από το χέρι, από την προσεκτική παρατήρηση των κανόνων που ακολουθεί η ίδια η φύση σε όλες τις άλλες δραστηριότητές της στις οποίες συνηθίζει να χρησιμοποιεί τα πλέον **απλά** και **εύχρηστα** μέσα [...].

Όταν, λοιπόν, παρατηρώ μια πέτρα που αρχικά βρισκόταν σε κατάσταση ηρεμίας να πέφτει από μια υπερυψωμένη θέση και να αποκτά συνεχώς νέες αυξήσεις στην ταχύτητά της, γιατί να μη θεωρήσω ότι οι προσαυξήσεις αυτού του είδους συμβαίνουν μ' έναν τρόπο που είναι **υπερβολικά απλός** και κάπως εύκολα κατανοήσιμος από όλους; Αν τώρα εξετάσουμε το θέμα προσεκτικά, δεν θα βρούμε καμία προσαύξηση που να είναι πιο **απλή** από αυτήν που επαναλαμβάνει τον εαυτό της πάντα με τον ίδιο τρόπο. Αυτό το καταλαβαίνουμε εύκολα, αν αναλογιστούμε τη στενή σχέση που υπάρχει ανάμεσα στον χρόνο και την κίνηση. [...]

Λέμε ότι ένα σώμα επιταχύνεται ομαλά, όταν, ξεκινώντας από κατάσταση ηρεμίας, αποκτά ίσες προσαυξήσεις ταχύτητας κατά τη διάρκεια ίσων χρονικών διαστημάτων»

- Προσπαθεί να δείξει ότι ο «αυθαίρετος» ορισμός της επιτάχυνσης που δίνει είναι εξαιρετικά χρήσιμος για την περιγραφή των πειραματικών γεγονότων της πραγματικής παρατηρήσιμης κίνησης.
- Αποδεικνύει ότι η αύξηση της ταχύτητας είναι ανάλογη προς το χρόνο και όχι προς το διανυόμενο διάστημα χρησιμοποιώντας ένα σύνολο νοητικών πειραμάτων.
- Θα μπορούσε να έχει σχεδιάσει μια σειρά πειραμάτων για να δείξει ότι η επιτάχυνση μιας πέτρας που πέφτει από έναν πύργο ($\Delta v/\Delta t$) παραμένει σταθερή για διάφορα χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της πτώσης [το πείραμα είναι εξαιρετικά δύσκολο/αδύνατο να εκτελεστεί].
- Θεωρεί ότι η κίνηση μιας μπάλας που βρίσκεται σε ένα λείο κεκλιμένο επίπεδο και κυλά προς τα κάτω ακολουθεί στους ίδιους κανόνες που ισχύουν στην κίνηση της ελεύθερης πτώσης.
- Αν διαπιστωθεί ότι η μπάλα κινείται με σταθερή επιτάχυνση, με τον ίδιο τρόπο πρέπει να κινείται και ένα σώμα που πέφτει ελεύθερα.



- Αφήνει μια σφαίρα να κυλήσει από τη θέση ηρεμίας προς τα κάτω, σε ένα επίπεδο με πολύ ελαφρά κλίση και σημειώνει τις θέσεις της μετά από σειρά ίσων χρόνων.
- Μετράει τις αποστάσεις και βλέπει ότι οι διαδοχικές ταχύτητες καθόδου ακολουθούν τους περιττούς αριθμούς $1,3,5,7\dots$ και οι συσσωρευμένες αποστάσεις τους αριθμούς $1,4,9,16\dots$
- Δηλ., οι αποστάσεις από το σημείο εκκίνησης συμπεριφέρονται όπως τα τετράγωνα του χρόνου που έχουν παρέλθει.
- Η σχέση αποδεικνύεται και με μαθηματικό (γεωμετρικό) τρόπο.

Πείραμα και μαθηματικά

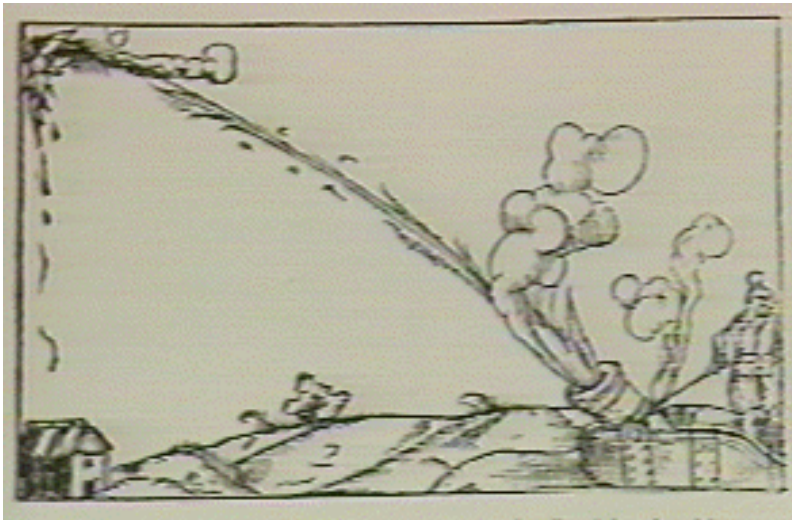
[Νέα βάση της επιστήμης]

- Προσεκτική μέτρηση-αναζήτά νόμους [δεν αναφέρεται συχνά στη σημασία της μέτρησης διότι τη θεωρεί δεδομένη].
- Ανεξαρτησία της «φυσικής» του Γαλιλαίου από την παλαιότερη φυσική φιλοσοφία.
 - Στενή σχέση με την αστρονομία που εξαρτάται ήδη από την προσεκτική μέτρηση. Η «φυσική» του Γαλιλαίου είναι μια εφαρμογή αστρονομικών μεθόδων στη διερεύνηση της κίνησης.
 - Όριο ακρίβειας πραγματικών μετρήσεων. Ο Γαλιλαίος δεν απαιτεί το είδος της τελειότητας που απαιτούσαν οι φιλόσοφοι. Στηρίζεται σε μια λογική συμφωνία με τη παρατήρηση παρά σε μαθηματικά ιδανικά (Πλάτωνας).

Σώματα σε μια κινούμενη γη...

- Τη λύση στο πρόβλημα του Κοπερνίκειου συστήματος την έδωσε η έννοια της αδράνειας.
- Γαλιλαίος: «Απόλυτα συνδεδεμένη με τη γη είναι η αρχέγονη και διηλεκτής κίνηση στην οποία συμμετέχει αναπόφευκτα κάθε σώμα ως γήινο αντικείμενο, κίνηση την οποία έχει από τη φύση της και θα τη διατηρεί παντοτινά» [Εφόσον δεν επενεργήσει κανένα αίτιο ώστε να εμποδίσει την κίνησή της από τα δυτικά προς τα ανατολικά, το σώμα καθώς πέφτει στη γη ακολουθεί την κίνηση του πύργου από το οποίο ρίχνεται]
- Δεν χρησιμοποιεί τη λέξη της αδράνειας ούτε και την έννοια με τη σημερινή της σημασία. Διατηρεί κάποια στοιχεία της παλιάς κοσμολογίας:
 - Κόσμος με τάξη και αρμονία- οργανωμένος με νοημοσύνη- η διάταξή του βασίζεται στο τέλειο σχήμα, τον κύκλο.
 - Η κυκλική κίνηση βρίσκεται σε αρμονία με την τάξη του κόσμου. Στη φυσική τους θέση τα σώματα μόνο κυκλικά μπορούν να κινούνται επ'άπειρον

Σύνθετες κινήσεις



- Τα σώματα μπορούν να συμμετέχουν ταυτόχρονα σε πολλές κινήσεις. Καμία δεν παρεμποδίζει την άλλη και συνδυάζονται αρμονικά διαγράφοντας συγκεκριμένες τροχιές.
- Κίνηση βλημάτων:
 - Η οριζόντια κίνηση των βλημάτων συνδυάζεται με την ομαλά επιταχυνόμενη πτώση τους προς τη γη (παραβολική πορεία)
 - Καταλύεται η διάκριση φυσικής και βίαιας κίνησης (είναι ισοδύναμες)

Νέα αντίληψη για την κίνηση

- Διαφέρει από την Αριστοτελική αντίληψη κατά την οποία η κίνηση είναι διαδικασία που συνδέεται με την ίδια την ουσία των σωμάτων.
- Διαφοροποίηση της κίνησης από την ουσιώδη φύση των σωμάτων.
- Η κίνηση είναι μια κατάσταση στην οποία βρίσκονται τα σώματα (για τα σώματα είναι αδιάφορο αν βρίσκονται σε κίνηση ή ηρεμία):
«Διότι αναλογιστείτε το εξής: Η κίνηση, σε σχέση με τα αντικείμενα που δεν κινούνται, υφίσταται μόνο εφόσον συντελείται· και σε αντικείμενα που συμμετέχουν εξ ίσου σε οποιαδήποτε κίνηση αυτή δεν είναι εμφανής και είναι σαν να μην υπάρχει.»
- Η κίνηση (και η ηρεμία) δεν απαιτούν αίτιο. Αίτιο απαιτείται μόνο για τις **μεταβολές** της κίνησης.

Νέοι τρόποι γνώσης

- Όσοι δραστηριοποιούνταν στα πλαίσια της «νέας επιστήμης» δεν ενδιαφέρονταν μόνο για όσα ανακάλυπταν για τη φύση του σύμπαντος:

Εξίσου σημαντικό ήταν το ερώτημα για
τον τρόπο απόκτησης της νέας γνώσης.

- Στηρίζονται *στην εμπειρία* και όχι στην αυθεντία (βλ. Αριστοτέλης και σχολιαστές κατά τον Μεσαίωνα): ο καλύτερος τρόπος να προσεγγίσει κανείς τη γνώση είναι να διαβάσει το «βιβλίο της φύσης».
- Το βιβλίο της φύσης είναι γραμμένο στα *μαθηματικά*

Μαθηματικά vs Φυσική Φιλοσοφία

- **Φυσική φιλοσοφία:** ασχολείται με την πραγματική φύση των πραγμάτων (με την ουσία τους)
- **Μαθηματικά:**
 - ασχολούνται με συμβεβηκότα. Παρέχουν βεβαιότητα περιορισμένης εμβέλειας. Τα συμπεράσματά τους είναι αληθή στο βαθμό που θεωρούνται αληθείς οι προκείμενες από τις οποίες ξεκινά το επιχείρημα.
 - Στα πανεπιστημιακά προγράμματα σπουδών δεν καταλαμβάνουν τόσο εξέχουσα θέση όσο η φυσική φιλοσοφία.
 - Θεωρούνται περισσότερη πρακτική ενασχόληση (πχ. Αριθμητική)- με αυτά ασχολούνται οι τεχνίτες, οι έμποροι, οι ναυτικοί, οι ξυλουργοί κτλ.
 - Δραστηριότητα που οικοδομείται γύρω από το χειρισμό διαφόρων μαθηματικών οργάνων (εξάντες, τετράντες, λογαριθμικοί κανόνες)
 - Ιδιαίτερα χρήσιμα για τα θαλάσσια ταξίδια και τις εξερευνήσεις, τις περιφράξεις γης, τη χαρτογράφηση...
 - Οι πρακτικοί μαθηματικοί είναι αναγκαίοι στους μεγαλοκτηματίες και περιηγητές, και άρα αρχίζουν να ξεχωρίζουν στο μορφωτικό στερέωμα (ιδιαίτερα στις αυλές των ηγεμόνων & εκτός πανεπιστημίων).

Γαλιλαίος

- Από καθηγητής μαθηματικών (Πίζα, Πάδοβα) → φιλόσοφος στην Αυλή των Μεδίκων.
- Στηρίζει το φιλοσοφικό κύρος των μαθηματικών.
- Το βιβλίο της φύσης είναι γραμμένο στη μαθηματική γλώσσα, γιατί η δομή της γλώσσας είναι μαθηματική.
- Στόχος της φυσικής φιλοσοφίας είναι η παραγωγή μαθηματικά διατυπωμένων νόμων της φύσης (πχ. Μαθηματικός νόμος για την πτώση του σώματος).
- Στροφή προς την αυθεντία του Πλάτωνα και του Πυθαγόρα (αντί του Αριστοτέλη)

Il Saggiatore (1623)



«Η φιλοσοφία είναι γραμμένη στο μεγάλο βιβλίο της φύσης, το οποίο είναι πάντα ανοικτό μπροστά στα βλέμματά μας. Ομως το βιβλίο δεν μπορεί να γίνει κατανοητό, εκτός εάν μάθουμε πρώτα να κατανοούμε τη γλώσσα και να διαβάζουμε το αλφάβητο στο οποίο έχει γραφεί. Είναι γραμμένο στη γλώσσα των μαθηματικών, και οι γλωσσικοί χαρακτήρες είναι τρίγωνα, κύκλοι και άλλα γεωμετρικά σχήματα, χωρίς τα οποία είναι ανθρωπίνως αδύνατον να κατανοηθεί έστω και μία λέξη. Χωρίς αυτά κανείς περιπλανιέται σε ένα σκοτεινό λαβύρινθο»

Θέση μαθηματικών περιγραφών του κόσμου;

- Ο νόμος του Γαλιλαίου για την πτώση των σωμάτων δεν ισχύει στον πραγματικό κόσμο, αλλά σε έναν μαθηματικά εξιδανικευμένο κόσμο (πχ. χωρίς τριβές)
- Το εξιδανικευμένο μαθηματικό μοντέλο μπορεί να συλλάβει καλύτερα την ουσία των φαινομένων;
- Ποιος είναι ο βαθμός βεβαιότητας στα αποτελέσματα που στηρίζονταν σε μαθηματικά επιχειρήματα και αφορούσαν τη λειτουργία του φυσικού κόσμου;
- Πως συνδέεται ένα μηχανικό σύμπαν (σωματίδια σε κίνηση) με τις μαθηματικές περιγραφές του κόσμου;
 - Πολλοί μηχανοκράτες ήταν διστακτικοί στο να γράψουν τη δική τους φυσική φιλοσοφία στα μαθηματικά (βλ. Boyle) / για να είναι κοινωνικά αποδεκτή θα πρέπει να είναι προσπελάσιμη από ένα ευρύ κοινό.