



ΚΕΝΤΡΟ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
& ΜΟΥΣΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

# Γαλιλαίος, ο πρωτοπόρος της --- Αστρονομίας

Χάρης Βάρβογλης  
Τμήμα Φυσικής Α.Π.Θ.

ΚΔΕΜΤ-ΕΕΦ/ΠΚΔΜ  
Πρόσωπα της Επιστήμης: Γαλιλαίος

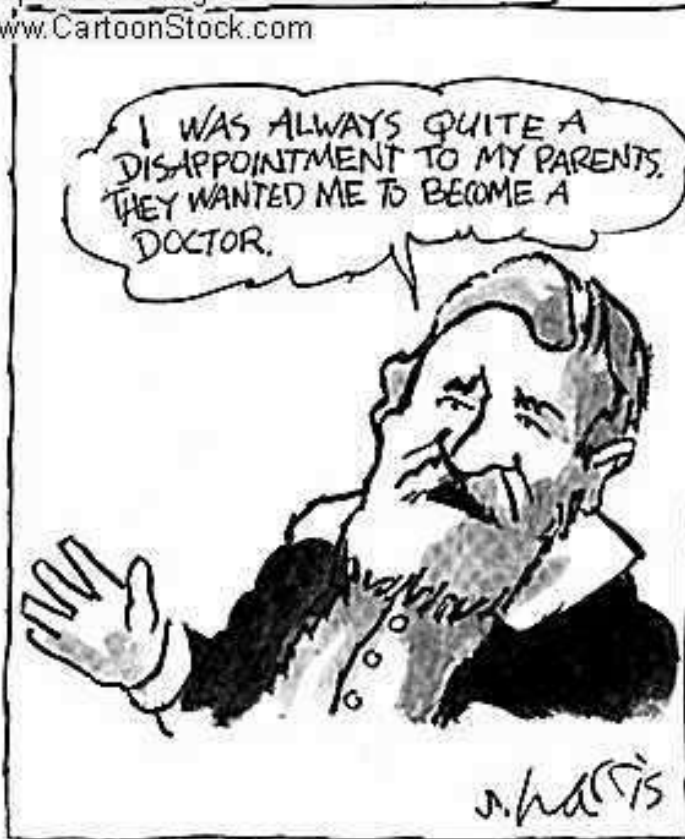
# Galileo Galilei, 1564-1642

- Το πρώτο από τα έξι τέκνα του Vincenzo Galilei, μουσικού, και της Giulia Ammannati
- Γεννήθηκε στην Πίζα
- Σε ηλικία 8 ετών η οικογένειά του μετακόμισε στη Φλωρεντία
- Ο Γαλιλαίος σπούδασε σε ένα μοναστήρι κοντά στη Φλωρεντία και σκεπτόταν να ακολουθήσει εκκλησιαστική καριέρα, αλλά...

# Καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Πίζας,

1589-1592

© Original Artist  
Reproduction rights obtainable from  
www.CartoonStock.com



- Γράφτηκε στην Ιατρική Σχολή του πανεπιστημίου της Πίζας
- Τελικά πήρε πτυχίο μαθηματικών
- Το 1589 διορίστηκε καθηγητής μαθηματικών στο Πανεπιστήμιο της Πίζας
- Εκεί μπήκαν τα θεμέλια της κατοπινής επιστημονικής ζωής του

# Ισόχρονες ταλαντώσεις του εκκρεμούς



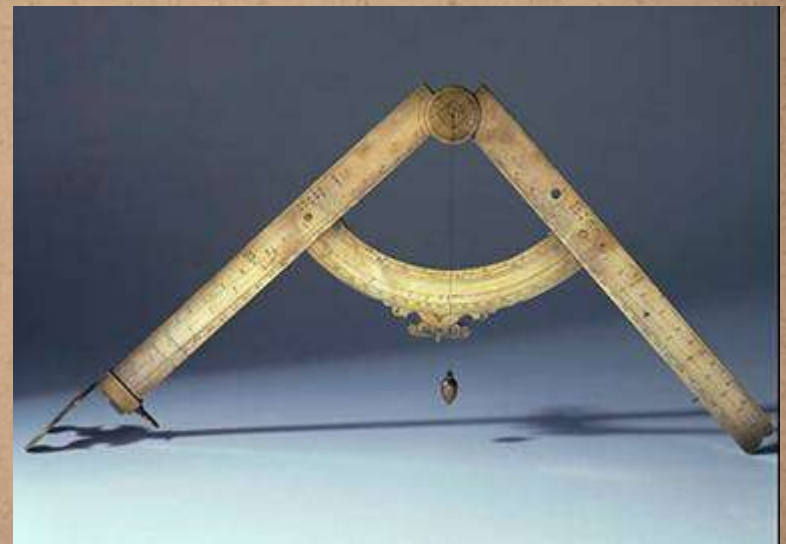
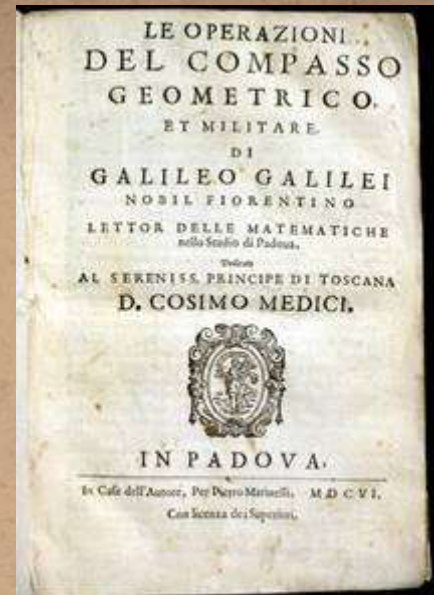
- Ο πολυέλαιος στο Duomo της Πίζας του έδωσε την ιδέα ότι
- *Οι ταλαντώσεις (σήμερα ξέρουμε μόνον οι μικρού πλάτους) είναι ισόχρονες*
- Ο Huyghens βασίστηκε στην παρατήρηση αυτή για να κατασκευάσει το πρώτο ρολόι.

# Καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Πάντοβας, 1592-1610

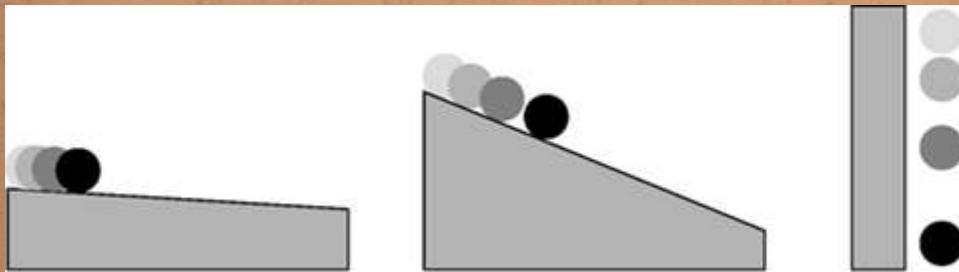
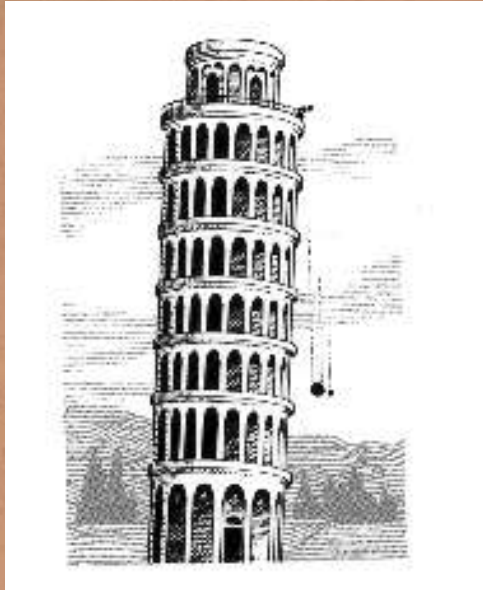
- Καθηγητής των μαθηματικών στην Πάντοβα, δεύτερη πόλη της Ενετικής Δημοκρατίας
- Κατασκευή επιστημονικών οργάνων (γεωμετρικός και στρατιωτικός κανόνας)
- Πειράματα με κεκλιμένα επίπεδα

# Γεωμετρικός και στρατιωτικός κανόνας - 1597

- Αναλογικός υπολογιστής για αριθμητικά και γεωμετρικά προβλήματα (π.χ. τετραγωνικές και κυβικές ρίζες!)
- Τοπογραφικές εργασίες



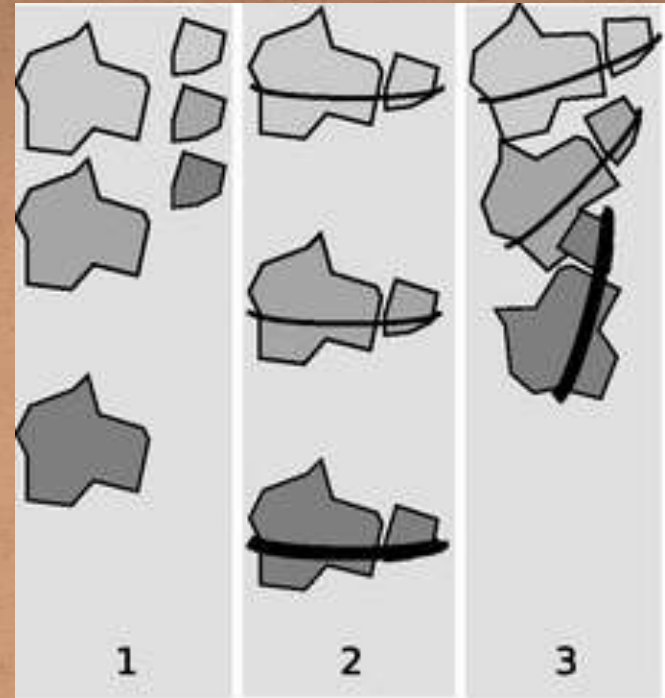
# Πειραματική κινηματική



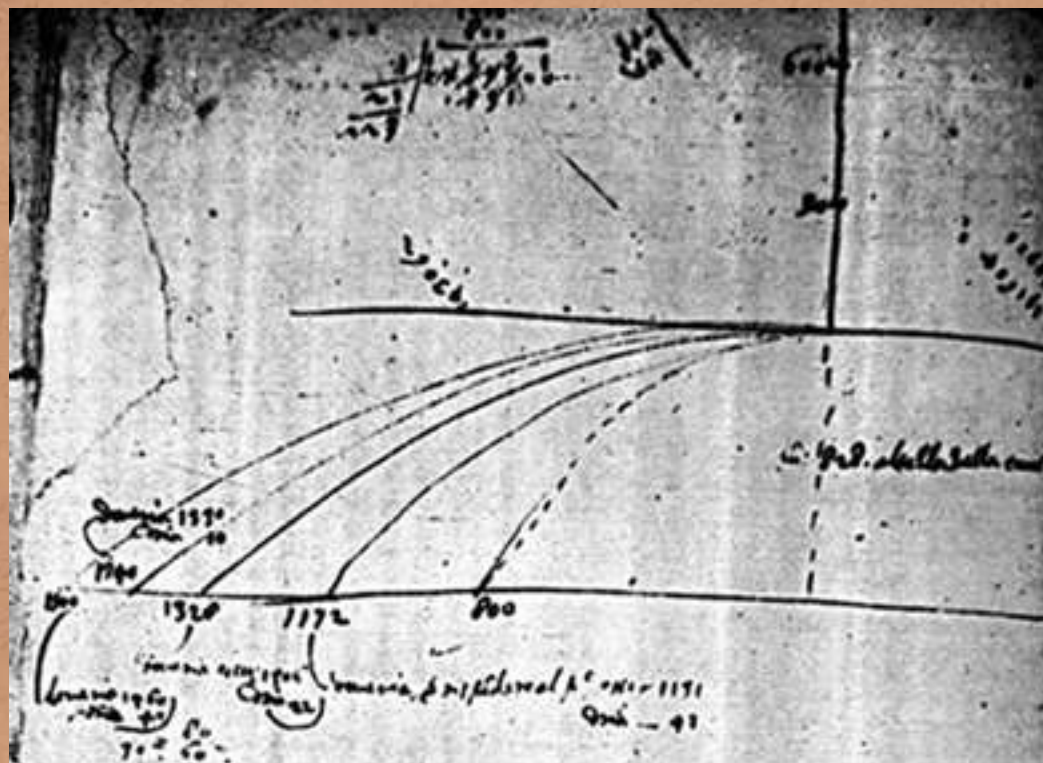
- Παρά την παράδοση, ο Γαλιλαίος δεν έκανε ποτέ το πείραμα ρίχνοντας σώματα διαφορετικής μάζας από την κορυφή του Πύργου της Πίζας.
- Αντίθετα στην Πάντοβα έκανε πειράματα με κεκλιμένα επίπεδα, όπου είναι ευκολότερη η μέτρηση χρονικών διαστημάτων.
- Φαίνεται ότι μετρούσε τα χρονικά διαστήματα τραγουδώντας, όπως είχε μάθει από τον πατέρα του!

# Αριστοτελική και Γαλιλαϊκή εικόνα της κίνησης

- Σύμφωνα με την αριστοτελική θεωρία (επάνω), τα βαρύτερα σώματα πέφτουν ταχύτερα (εικόνα 1). Αλλά τι συμβαίνει άμα "δέσουμε" ένα βαρύ με ένα ελαφρύ σώμα; Θα πέφτει ταχύτερα (2) ή βραδύτερα (3) από το βαρύτερο;
- Ο Γαλιλαίος έλυσε το πρόβλημα, δείχνοντας ότι όλα τα σώματα πέφτουν με την ίδια επιτάχυνση (κάτω).



# Ανεξαρτησία των κινήσεων: η οριζόντια βολή οδηγεί σε παραβολική τροχιά

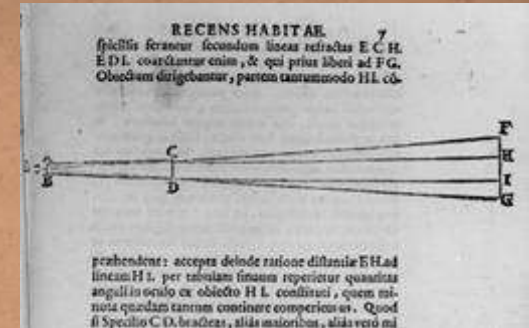


# Τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου. Στη βάση έχει τοποθετηθεί ο σπασμένος φακός



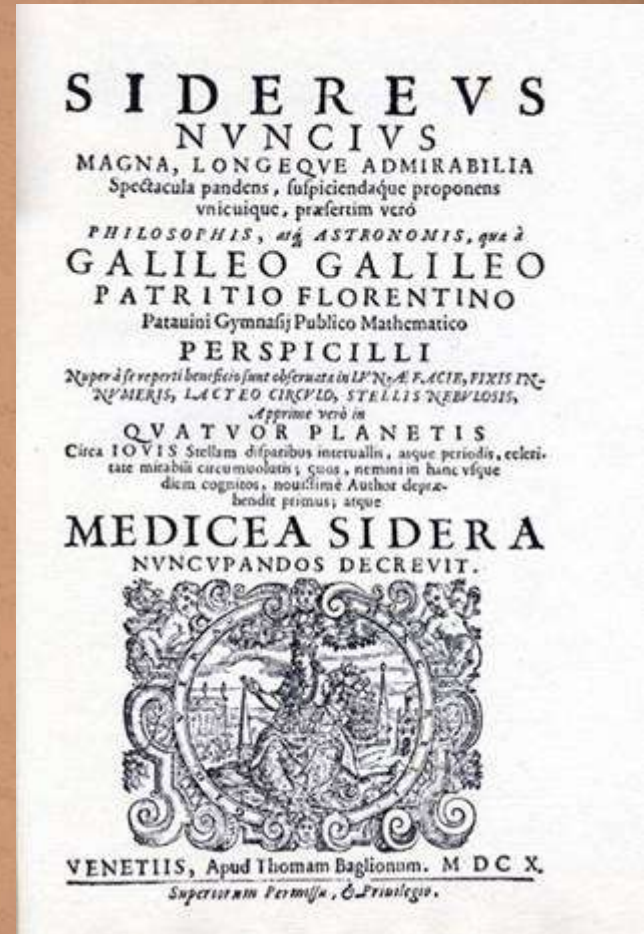
# Γαλιλαίος και τηλεσκόπιο

- Ο Γαλιλαίος παρουσίασε το τηλεσκόπιό του στον Δόγη της Βενετίας στις 25 Αυγούστου 1609
- Περιέλαβε τη θεωρία κατασκευής τηλεσκοπίων στο βιβλίο του *sidereus nuncius* (αστρικός αγγελιοφόρος) που κυκλοφόρησε το 1610

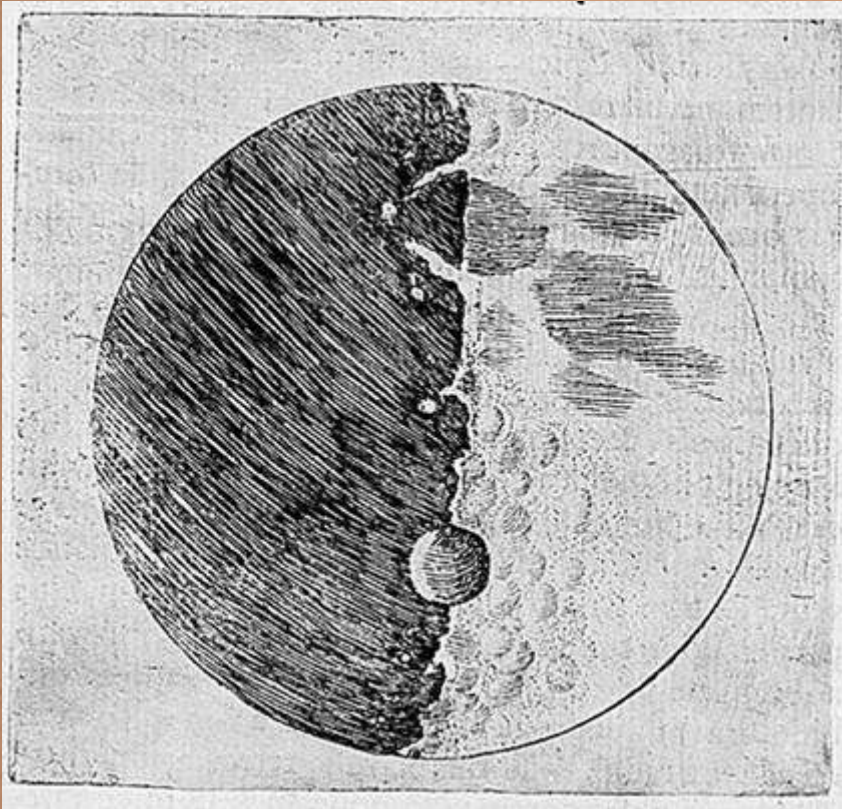


# Sidereus Nuncius, 1610

- Δημοσιεύει τις αστρονομικές ανακαλύψεις του στον *Αστρικό Αγγελιοφόρο*
- Η πρώτη σελίδα της πρώτης έκδοσης, από εκδοτικό οίκο της Βενετίας

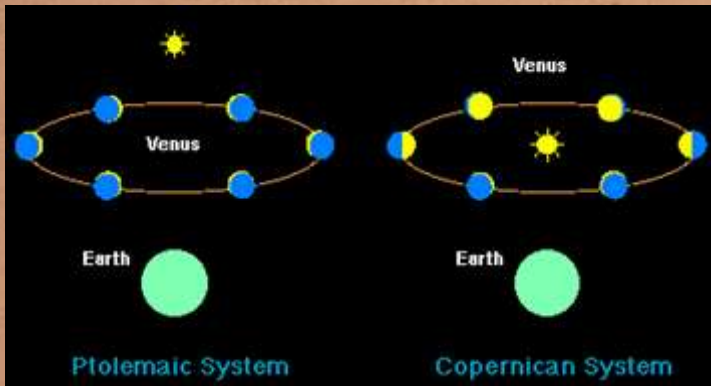
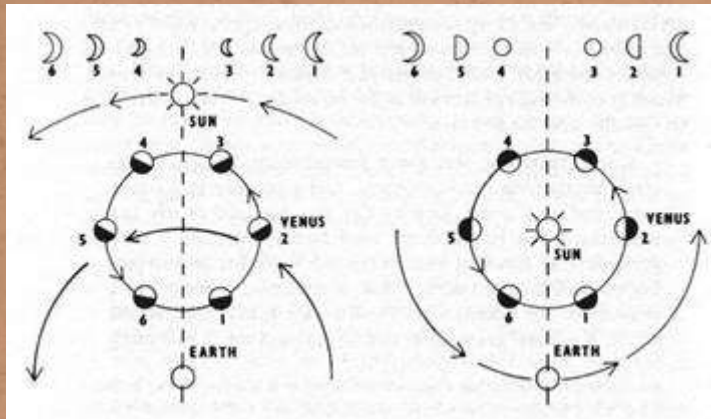


# Επιφάνεια της Σελήνης



- Τα βουνά και οι κρατήρες της Σελήνης υποδεικνύουν ότι και αυτή είναι ένα σώμα σαν τη Γη, και όχι μια "τέλεια σφαίρα" που πρέσβευε η αριστοτελική φιλοσοφία.

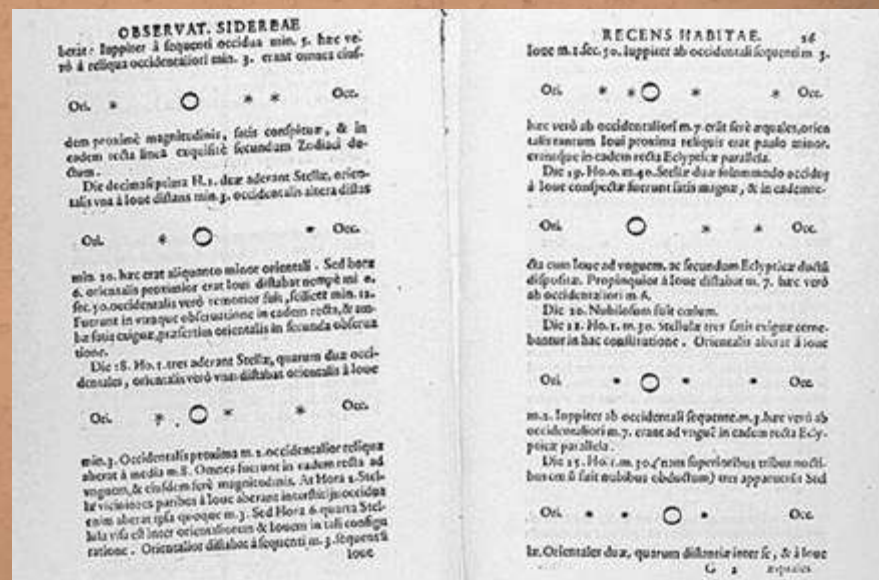
# Φάσεις της Αφροδίτης



- Οι παρατηρήσεις έδειξαν πέρα από κάθε αμφιβολία ότι η Αφροδίτη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο (πάνω: με επίκυκλο, κάτω: χωρίς).
- Ο Ηρακλείδης ο Ποντικός είχε προτείνει την "ενδιάμεση" ιδέα ότι Ερμής και Αφροδίτη περιφέρονται μεν περί τον Ήλιο, αλλά οι υπόλοιποι πλανήτες και ο Ήλιος περιφέρονται περί την Γη.

# Δορυφόροι του Δία

- Χειρόγραφο του Γαλιλαίου (πάνω)
- Σελίδες από τον Αστρικό Αγγελιοφόρο (κάτω)
- Η συστηματική καταγραφή δείχνει ότι τα "αστεράκια" είναι δορυφόροι του Δία



# Οι δορυφόροι του Δία στη ναυσιπλοΐα

- Πρότεινε την χρήση της θέσης των δορυφόρων του Δία για τον "απόλυτο" καθορισμό του χρόνου και, συνακόλουθα, την "μέτρηση" του γεωγραφικού μήκους
- Η δυσκολία παρατήρησης από το πλοίο έκανε τη μέθοδο ανεφάρμοστη
- Το πρόβλημα λύθηκε με την κατασκευή ρολογιών ακριβείας από τον John Harrison.

# Καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Φλωρεντίας, 1610-1642

- Πρόσκληση από τον Μέγα Δούκα της Τοσκάνης, Κόζιμο ΙΙ των Μεδίκων
- Μεγάλος μισθός, ελευθερία στη διαμονή και τη διδασκαλία
- Επιστροφή στην "πατρίδα" του
- Επιστροφή, όμως, και στην περιοχή επικυριαρχίας του πάπα

# Πρώτο ταξίδι στη Ρώμη

- 1611: Ο Γαλιλαίος επισκέπτεται τη Ρώμη
- Το έργο του αναγνωρίζεται και γίνεται μέλος της Ακαδημίας των Λυγκέων (Academia dei Lincei)
- Οργανώνει αστρονομικές παρατηρήσεις για τους Ιησουίτες μοναχούς της Ρώμης
- Αντίδραση: Γιατί να κοιτάζουμε μέσα από το ατελές όργανο του Γαλιλαίου, αφού έχουμε την πλήρη αλήθεια στον Αριστοτέλη και στις Γραφές; (Cesare Cremonini, καθηγητής στην Πάντοβα, Giulio Libri, φλωρεντιανός φιλόσοφος)

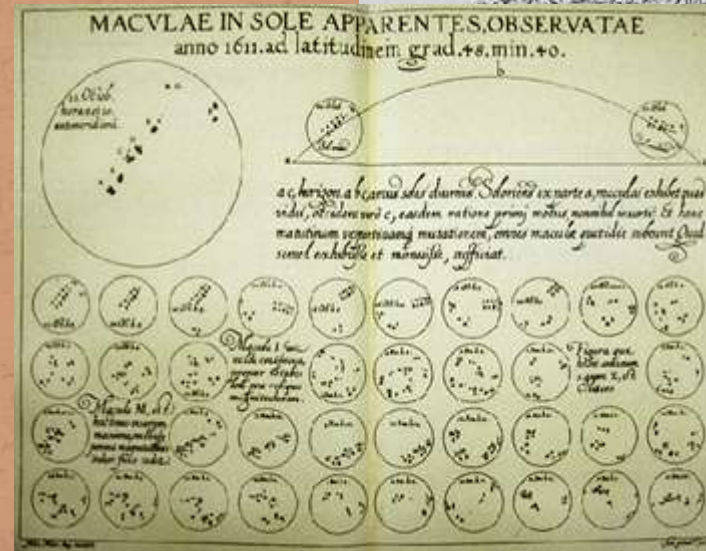


# Τα επιχειρήματα της άρνησης

- God is perfect, and all of God's creation is perfect. Man is imperfect, and therefore his inventions are imperfect. Why should we use an imperfect invention like Galileo's telescope to see God's perfect creation? Wouldn't that corrupt God's creation?
- Πού είναι η εικόνα που βλέπουμε; Στον πραγματικό κόσμο ή μέσα στο τηλεσκόπιο;

# Ηλιακές κηλίδες, 1613

- Η επιφάνεια του Ήλιου έχει κηλίδες, οι οποίες μετατοπίζονται με την περιστροφή του.
- Άρα όχι μόνο ο Ήλιος δεν είναι "τέλειος", όπως προβλέπει η αριστοτελική θεωρία, αλλά και περιστρέφεται περί άξονα.



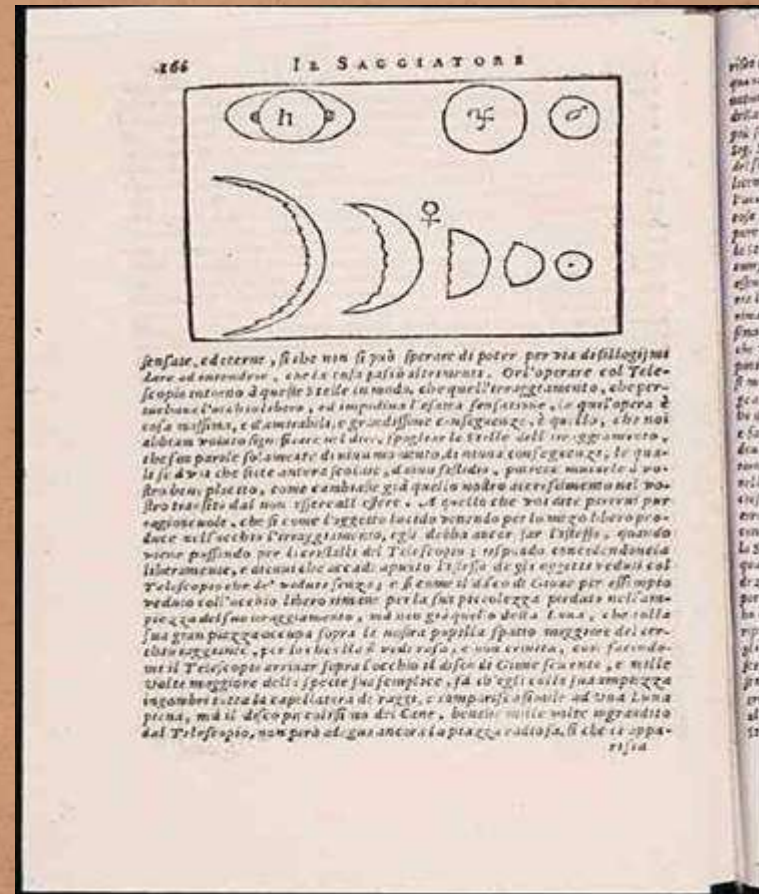
# Δεύτερο ταξίδι στη Ρώμη: 1616

- Πρώτη προειδοποίηση να μην διδάσκει το ηλιοκεντρικό σύστημα
- Με αφορμή το βιβλίο του Κέπλερ *Astronomia Nova* και το βιβλίο του Γαλιλαίου *Il Saggiatore*
- Τα βιβλία του Κοπέρνικου, του Κέπλερ και μερικές από τις "επιστολές" του Γαλιλαίου μπαίνουν στον κατάλογο των απαγορευμένων βιβλίων (Index Librorum Prohibitorum, 1559-1948)

# Διαμάχη με τους Ιησουίτες

- Εκίνησε από τις αντίθετες απόψεις του Γαλιλαίου με τον ιησουίτη μοναχό Orazzio Grassi, σχετικά με τη φύση και την τροχιά του κομήτη του 1619
- Οι τόνοι υψώθηκαν με συνεχείς δημοσιεύσεις από κάθε πλευρά (βιβλία και φυλλάδια δημοσιευμένα με ψευδώνυμο ή γραμμένα από "οπαδούς" κάθε πλευράς)
- Η διαμάχη κορυφώθηκε με την κυκλοφορία του βιβλίου *Il Saggiatore*, γραμμένου στα ιταλικά και όχι στα λατινικά, όπου ο Γαλιλαίος προβάλλει όλα τα επιχειρήματα υπέρ της ηλιοκεντρικής θεωρίας και ειρωνεύεται ανοιχτά τον Grassi και τους άλλους αντιπάλους του.

# Il Saggiatore (ελεύθερα: η λυδία λίθος), 1623



# Τρίτο ταξίδι στη Ρώμη: 1624

- Συνάντηση με τον πάπα Ουρβανό VIII (καρδινάλιο Maffeo Barberini ), φίλο του Γαλιλαίου από τη Φλωρεντία
- Συμβουλή να αναφέρεται στο ηλιοκεντρικό σύστημα μόνον ως μια "μαθηματική υπόθεση"
- Στο πλαίσιο αυτό παίρνει την άδεια να τυπώσει το "μοιραίο" βιβλίο του

# Dialogo, 1632



**DIALOGO**  
DI  
**GALILEO GALILEI LINCEO**  
MATEMATICO SOPRAORDINARIO  
DELLO STUDIO DI PISA.  
*E Filosofo, e Matematico primario del*  
SERENISSIMO  
**GR. DVCA DI TOSCANA.**

Due ne i congressi di quattro giornate si discorre  
sopra i due

**MASSIMI SISTEMI DEL MONDO**  
TOLEMAICO, E COPERNICANO;

*Proponendo indeterminatamente le ragioni Filosofiche, e Naturali  
tanto per l'una, quanto per l'altra parte.*

CON PRI



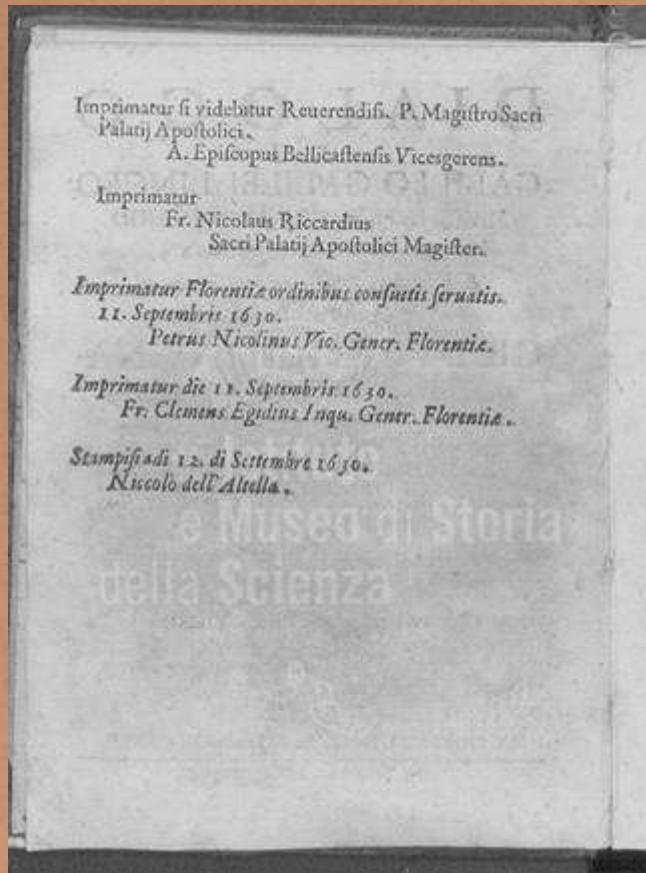
VILEGI.

IN FIORENZA, Per Gio: Battista Landini MDCXXXII.

CON LICENZA DE' SUPERIORI.

## Διάλογος μεταξύ των δύο παγκόσμιων συστημάτων (πτολεμαϊκού και κοπερνίκειου)

- Salviati ("ηλιοκεντρικός"), από το όνομα του Filippo Salviati, φίλου του Γαλιλαίου
- Sagredo ("ουδέτερος"), από το όνομα του Giovanfrancesco Sagredo, φίλου του Γαλιλαίου
- Simplicio ("αριστοτελικός"), από το όνομα του έλληνα αριστοτελικού φιλόσοφου του 6ου μ.Χ. αιώνα Σιμπλίκιου, αλλά και λογοπαίγνιο (=αγαθούλης)



- Εσώφυλλο της πρώτης έκδοσης των Διαλόγων

- Ο Γαλιλαίος είχε πάρει το "τυπωθήτω" (imprimatur) από την Ιερά Εξέταση της Φλωρεντίας

- Ο Πάπας είχε, όμως, άλλη γνώμη...

# Η Δίκη

- Κατηγορείται από τους ιησουίτες για αιρετική διδασκαλία
- Η άδεια εκτύπωσης του βιβλίου ανακαλείται
- Δικάζεται το 1633 από την Ιερά Εξέταση και του επιδεικνύονται τα όργανα των βασανισμών
- Υποχρεώνεται να αποκηρύξει τις ιδέες του σε ένα μοναστήρι της Ρώμης στις 22 Ιουνίου 1633
- Καταδικάζεται σε κατ' οίκον περιορισμό (Ρώμη-Σιένα-Αρτσέτρι)



# Chiesa di Santa Maria sopra Minerva - Roma



Στα τελευταία του χρόνια έχει μαθητές  
(Viviani, Torricelli) αλλά έχει χάσει την  
όρασή του



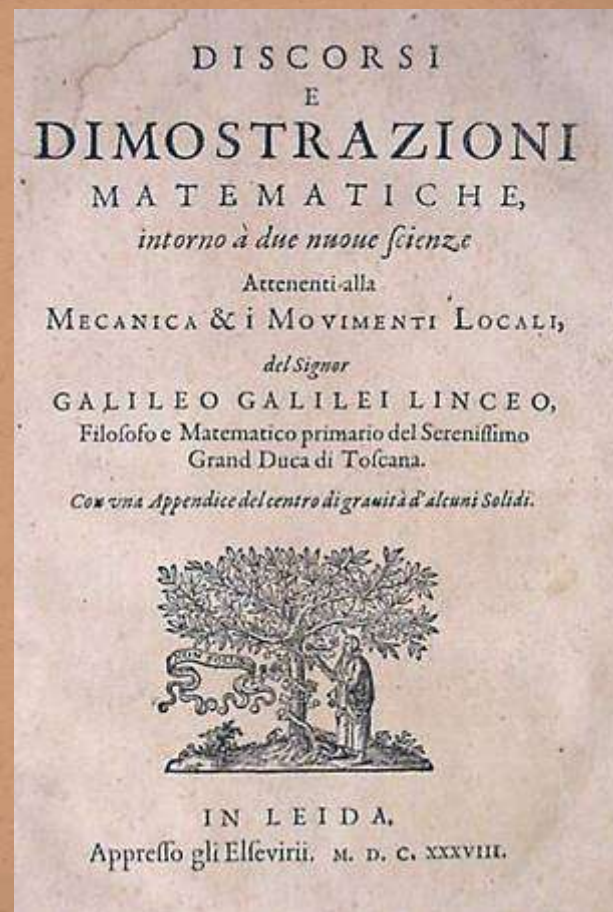
# Τελευταίες του "εφευρέσεις": θερμόμετρο - βαρόμετρο



- Θερμόμετρο βασισμένο στη διαστολή των αερίων
- Βασικός σκοπός: η μέτρηση της θερμοκρασίας των αρρώστων
- Ανακριβές, λόγω μεταβλητότητας της ατμοσφαιρικής πίεσης
- Ο Torricelli, όμως, αφαίρεσε εντελώς τον αέρα και το μετέτρεψε σε βαρόμετρο!

# Τελευταίο βιβλίο του: Δύο νέες επιστήμες, 1638

- Ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση
- Γαλιλαϊκοί μετασχηματισμοί
- Ανεξαρτησία των κινήσεων
- Γεωμετρικές αποδείξεις
- Αρχή της αδράνειας



Μας αποκάλυψε ένα Σύμπαν πολύ  
μεγαλύτερο από το αριστοτελικό



Ε pur si muove...  
(και όμως κινείται...)



Υπάρχει, όμως, και άλλη εκδοχή...



# ΤΕΛΟΣ