

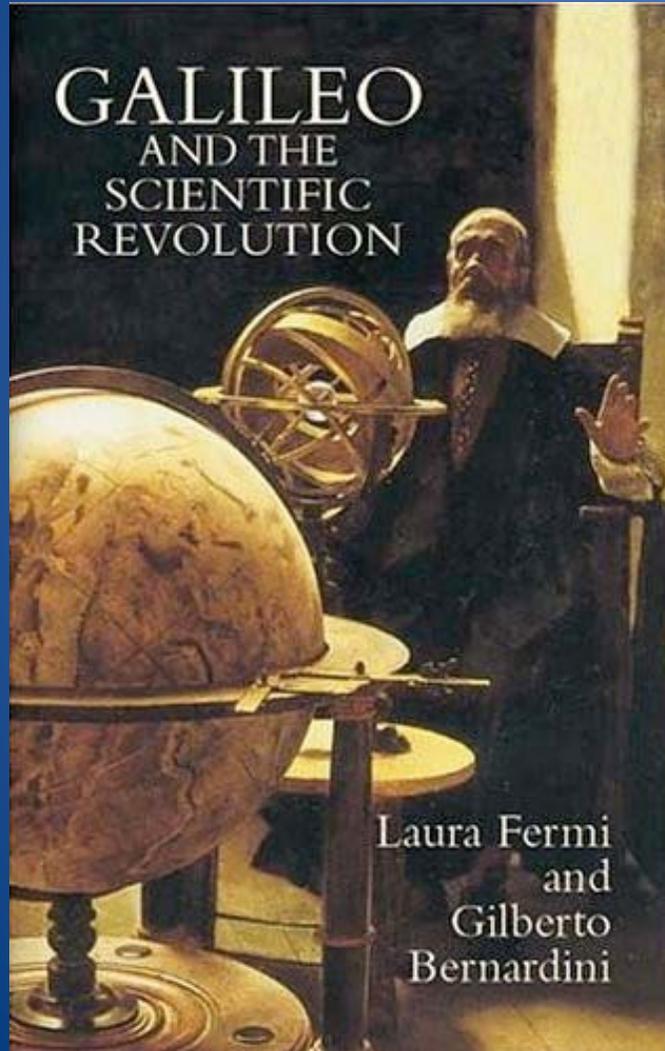
Galileo Galilei e la nascita del metodo scientifico

Edoardo Milotti

Corso di Laboratorio I

A.A. 2007-2008

Note biografiche su Galileo, basate principalmente sul testo:



Galileo and the Scientific Revolution
(GSR)

Laura Fermi e Gilberto Bernardini
(Dover Publications, 2003)



Laura Capon Fermi Roma 1907 - 1977

Laura Capon incontrò Enrico Fermi mentre era studentessa di chimica all'Università di Roma, e si sposarono nel 1928.

Ebbero due figli Nella nel 1931 e Giulio nel 1936.

Nel 1938 immediatamente dopo la consegna del premio Nobel a Enrico Fermi, fuggirono negli Stati Uniti per sfuggire alle leggi razziali che avrebbero colpito Laura, che era di famiglia ebrea. Dopo la morte del marito – nel 1954 – Laura divenne un prolifica scrittrice e attivista per la pace.

È famoso il suo libro “Atomi in famiglia”, una splendida biografia di Enrico Fermi.



Gilberto Bernardini **Fiesole (Fi) 1906 - Firenze 1995**

Fisico, professore a Camerino nel 1937, ha insegnato a Bologna dal 1938 al 1946.

Ha fatto parte del gruppo italiano degli specialisti dei raggi cosmici.

Primo presidente dell'INFN fino al 1959, è stato direttore del gruppo di ricerca del protosincrotrone del CERN di Ginevra nel periodo 1957-60.

A partire dal 1964 ha assunto la direzione della Scuola normale superiore di Pisa.

Membro di numerose accademie e società nel 1968 è stato uno dei fondatori dell'European Physical Society e suo primo presidente fino al 1970.

- Galileo nacque a Pisa il 15 febbraio 1564, da famiglia nobile ma con pochi mezzi economici, da Vincenzo Galilei e Giulia Ammannati.
- Il padre amava la musica e la matematica, scrisse molti trattati musicali, e fu uno degli animatori della Camerata Fiorentina, dalla cui attività nacque la moderna opera lirica.
- La famiglia Galilei era fiorentina e Galileo nacque a Pisa perché in quegli anni il padre commerciava in stoffe e Pisa era economicamente più attiva di Firenze: i Galilei si trasferirono di nuovo a Firenze quando Galileo aveva 10 anni.
- Galileo ebbe parecchi fratelli e sorelle, ma molti morirono da bambini. Abbiamo notizia di tre di questi, due sorelle – Virginia e Livia – e un fratello – Michelangelo.

Vincenzo Galilei e la musica

Il padre di Galilei fu un buon suonatore di liuto, importante teorico della musica, fu fra gli iniziatori dell'opera lirica, sperimentò con le corde vibranti e con le colonne d'aria.

È possibile che questa sua attività di sperimentazione musicale abbia portato alla scoperta della prima relazione nonlineare (tra la tensione di corda e la sua frequenza di vibrazione).

È anche possibile che Vincenzo abbia così avuto una potente influenza sul figlio.



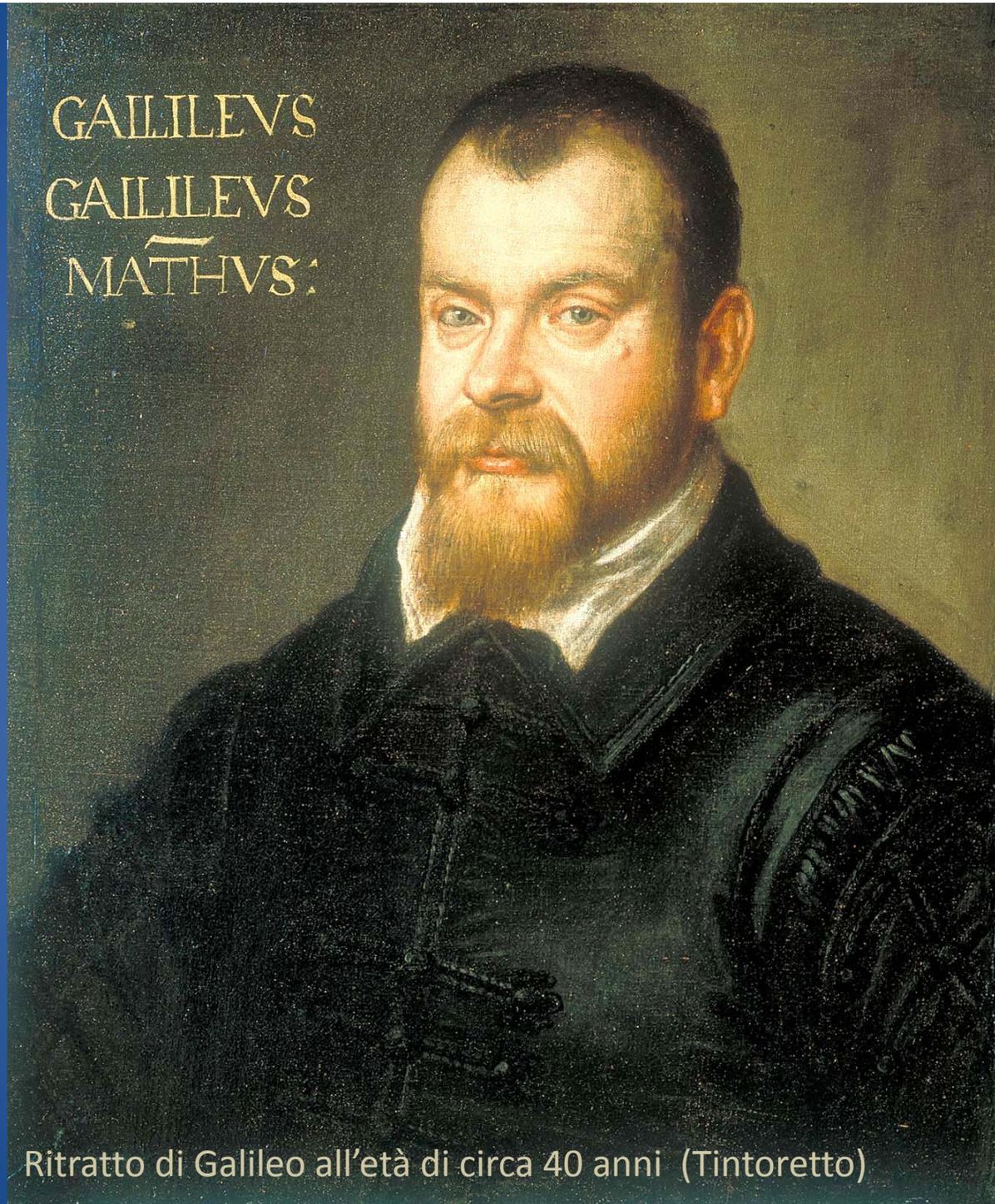
Vincenzo Galilei: Se lo m'accorgo

- Galileo fece i primi studi di retorica, grammatica e logica nel monastero camaldolese di Vallombrosa.
- Il padre lo spinse verso lo studio della medicina all'Università di Pisa, nella speranza che seguisse le orme di un loro avo, quel Galileo Bonaiuti che nel XV secolo si era distinto nell'esercizio dell'arte medica ed in onore del quale un ramo della famiglia aveva preso il nome di Galilei.
- I corsi della facoltà vertevano su Galeno e sui libri di scienza naturale di Aristotele, e questi diventarono i principali oggetti di critica da parte del giovane Galileo, sempre più attratto dalla matematica e dalla filosofia e sempre meno produttivo in veste di studente di medicina.
- Nel 1583 incontrò Ostilio Ricci, un matematico che era stato probabilmente allievo di Tartaglia. Ricci era aggregato alla corte di Toscana e teneva le sue lezioni in volgare, come in volgare era scritto il testo di Euclide su cui basava i suoi corsi. Si trattava infatti della traduzione che ne aveva fatta lo stesso Niccolò Tartaglia, il quale, a differenza delle versioni latine, aveva chiarito la discrepanza esistente tra la teoria delle proporzioni di Eudosso e quella dell'aritmetica medievale, un chiarimento che si rivelò fondamentale per la formazione di Galileo.

- Le prime indagini di Galileo nel campo della fisica lo portarono, tra il 1583 e il 1586, a determinare il peso specifico dei corpi tramite un congegno chiamato “bilancetta”, simile ad un utensile già in uso presso i mercanti orafi.
- Nel 1588 diede anche una prova della propria erudizione letteraria con delle lezioni su Dante tenute presso l'Accademia Fiorentina.
- Nel 1589, grazie alla stima ed alla fama che si era guadagnato presso certe frange del mondo accademico ottenne la cattedra di Matematica all'Università di Pisa, un lavoro che gli assicurò l'indipendenza economica dal padre. A Pisa Galileo rimase 3 anni, durante i quali scoprì la legge di caduta dei gravi.
- Si trasferì quindi a Padova dove rimase per 18 anni (1592-1610) (GSR, p. 27-30, 31-33)

- Alla fine del 1604 in cielo compare una nova. In Galileo si risvegliò allora l'antico interesse per il cielo e i suoi fenomeni. Galileo notò che la nova non sembrava avere parallasse: la nova doveva essere molto lontana.
- All'inizio del 1605 Galileo spiegò pubblicamente che la lontananza della nova implica che le stelle lontane (al di fuori della sfera sublunare) non sono immutabili.
- Nel 1609 Galileo costruì il suo primo telescopio. Lo strumento aveva anche applicazioni militari, e il Doge gli concesse la cattedra a vita all'Università di Padova
- Galileo aveva nostalgia della Toscana e decise di tornare, così nel 1610 ottenne il titolo di Primo Matematico dello Studio di Pisa e del Granduca di Toscana, e pubblicò il *Sidereus Nuncius*. (GSR 62-66)

GAILLEVS
GAILLEVS
MATHVS:

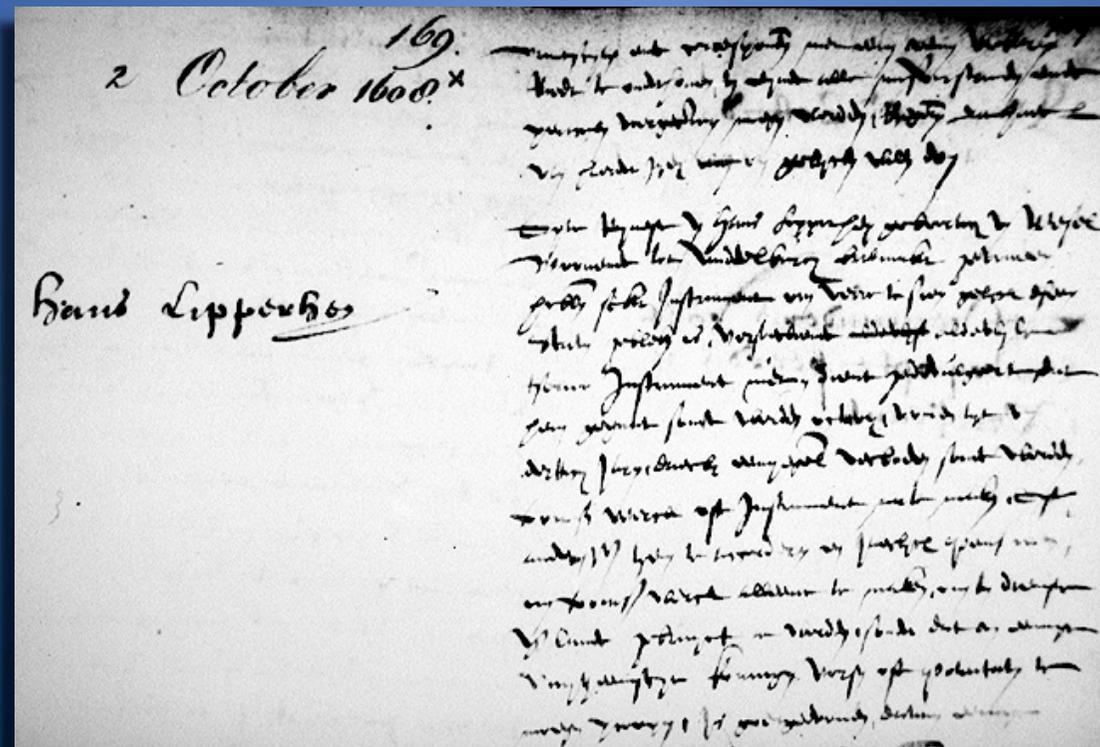


Ritratto di Galileo all'età di circa 40 anni (Tintoretto)

IL TELESCOPIO

L'arte della lavorazione del vetro venne portata in Olanda da artigiani italiani e si sviluppò localmente.

Diversi artigiani rivendicarono l'invenzione del telescopio, ma il primo a brevettarlo fu Hans Lipperhey (2 ottobre 1608)



Circa dieci mesi fa ci giunse notizia che era stato costruito da un certo Fiammingo un occhiale, per mezzo del quale gli oggetti visibili, pur distanti assai dall'occhio di chi guarda, si vedevan distintamente come fossero vicini; e correvan voci su alcune esperienze di questo mirabile effetto, alle quali chi prestava fede, chi no.

Questa stessa cosa mi venne confermata pochi giorni dopo per lettera dal nobile francese Iacopo Badovere, da Parigi; e questo fu causa che io mi volgessi tutto a cercar le ragioni e ad escogitare i mezzi per giungere all'invenzione di un simile strumento, che poco dopo conseguii, basandomi sulla dottrina delle rifrazioni.

Preparai dapprima un tubo di piombo alle cui estremità applicai due lenti, entrambe piane da una parte, e dall'altra una convessa e una concava; posto l'occhio alla parte concava vidi gli oggetti abbastanza grandi e vicini, tre volte più vicini e nove volte più grandi di quanto non si vedano a occhio nudo. In seguito preparai uno strumento più esatto, che mostrava gli oggetti più di sessanta volte maggiori. E finalmente, non risparmiando fatiche e spese, venni a tanto da costruirmi uno strumento così eccellente, che gli oggetti visti per il suo mezzo appaiono ingranditi quasi mille volte e trenta volte più vicini che visti a occhio nudo.

Galileo Galilei, *Sidereus Nuncius* (1610)



S I D E R E V S
N V N C I V S

MAGNA, LONGEQUE ADMIRABILIA
Spectacula pandens, suspiciendaque proponens
unicuique, praesertim verò

PHILOSOPHIS, atq; ASTRONOMIS, quae à

GALILEO GALILEO
PATRITIO FLORENTINO

Patavini Gymnasij Publico Mathematico

PERSPICILLI

Nuper à se reperti beneficio sunt observata in LVNÆ FACIE, FIXIS IN-
NUMERIS, LACTEO CIRCVLO, STELLIS NEBVLOSIS,

Apprime verò in

QVATVOR PLANETIS

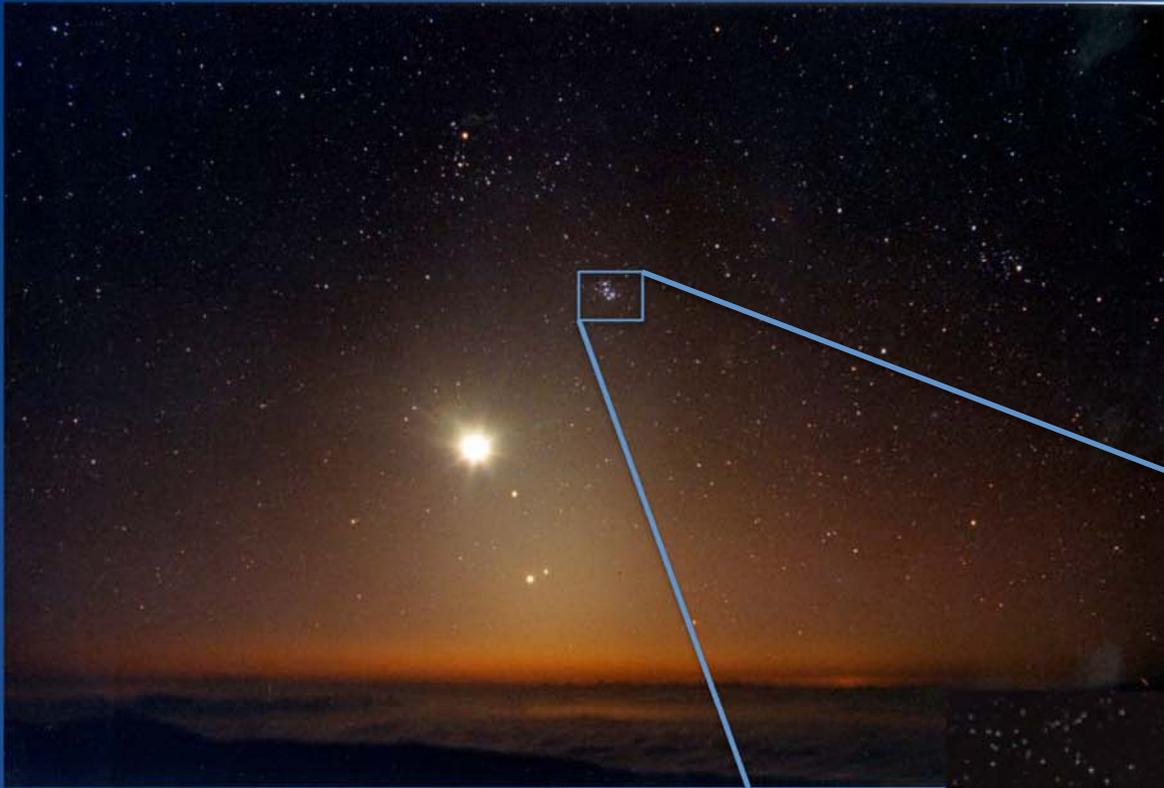
Circa IOVIS Stellam disparibus intervallis, atque periodis, celeri-
tate mirabili circumvolutis; quos, nemini in hanc vsque
diem cognitos, nouissimè Author depræ-
hendit primus; atque

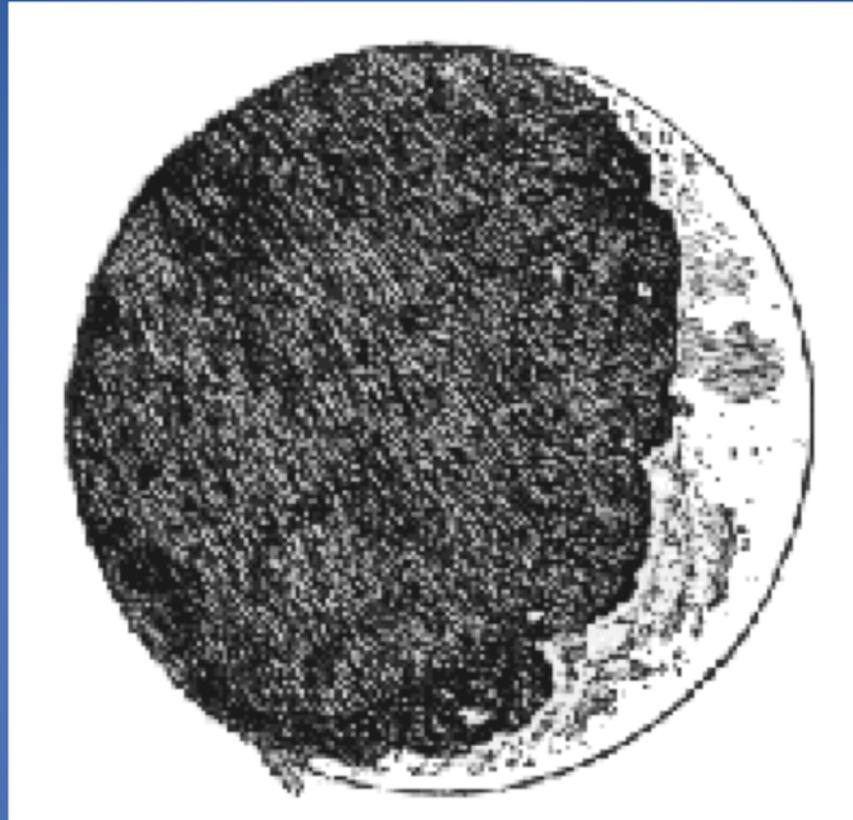
MEDICEA SIDERA
NUNCVPANDOS DECREVIT.



VENETIIS, Apud Thomam Baglionum. M D C X.

Superiorum Permissu, & Privilegio.





Domanda:

Galileo è riuscito a stimare l'altezza delle montagne lunari ... come ha fatto?

OBSERVAT. SIDEREAE

Ori. * ● * Occ.

Stella occidentaliori maior, ambae tamen valde conspicuae, ac splendidae; una quae distabat à Ioue scrupulis primis duobus; tertia quoque Stellula apparere cepit hora tertia prius minimè conspecta, quae ex parte orientali Iouem ferè tangebatur, eratque admodum exigua. Omnes fuerunt in eadem recta, & secundum Eclipticæ longitudinem coordinatae.

Die decimatertia primùm à me quatuor conspectæ fuerunt Stellulae in hac ad Iouem constitutione. Erant tres occidentales, & una orientalis; lineam proximè

Ori. * ● * * Occ.

rectam constituebant; media enim occidentaliū paululum à recta Septentrionem versus desolebat. Aberrat orientalis à Ioue minuta duo; reliquarum, & Iouis interpedines erant singulae unius tantum minuti. Stellæ omnes eandem præ se ferebant magnitudinem; ac licet exiguam, lucidissimæ tamen erant, ac fixis eiusdem magnitudinis longe splendidiore.

Die decimaquarta nubilosa fuit tempestas.

Die decimaquinta, hora noctis tertia in proximè depicta fuerunt habitudine quatuor Stellæ ad Iouem;

Ori. ● * * * Occ.

occidentales omnes; ac in eadem proximè recta linea dispositæ; quæ enim tertia à Ioue numerabatur paululum

RECENS HABITAE. 19

Iulium in boream attollebatur; propinquior Ioui erat omnium minima, reliquæ consequenter maiores apparebant, intervalla inter Iouem, & tria consequentia Sydera erant æqualia omnia, ac duorum minorum at occidentalium aberat à sibi propinquo minutis quatuor. Erant lucida valde, & nihil scintillantis, qualia semper tum ante, tum post apparuerunt. Verum hora septima tres solummodo aderant Stellæ, in huius-

Ori. ● * * Occ.

modi cum Ioue aspectu. Erant nempe in eadem recta ad vnguem, vicinior Ioui, erat admodum exigua, & ab illo semota per minuta prima tria, ab hac secunda distabat min: uno; tertia verò à secunda min: p: 4. sec: 30. Post verò aliam horam duæ Stellulae mediae adhuc viciniore erant; aberant enim min: sc: vix 30. tantum.

Die decimafesta hora prima noctis tres vidimus Stellæ iuxta hunc ordinem dispositas. Duæ Iouem

Ori. * ● * * Occ.

intercipiebant ab eo per min: 6. sec: 40. hinc inde remotæ, tertia verò occidentalis à Ioue distabat min: 8. Ioui proximæ non maiores, sed lucidiores apparebant remotiori.

Die decimaseptima hora ab occasu 6. min: 30. huiusmodi fuit configuratio. Stella una tantum orientalis à

Ori. * ● * Occ.
Ioue

- Nel 1611 Galileo si recò a Roma: la sua visita fu un trionfo e venne anche nominato membro dell'Accademia dei Lincei (fondata pochi anni prima da Federico Cesi). A questo punto l'Inquisizione iniziò a indagare su di lui.
- Negli anni 1611-13 Galileo, che era un brillante parlatore, pubblicò diversi scritti polemici e si fece più di un nemico, in particolare bisogna notare i testi
 - Il *Discorso sui corpi galleggianti*
 - Le *Lettere sulle macchie solari* (disputa con il gesuita Scheiner)
 - La *Lettera a Castelli*
 - La *Lettera alla Granduchessa Cristina*
- Galileo venne attaccato pubblicamente in un sermone dal domenicano Tommaso Caccini, un uomo litigioso ed invidioso che si era già distinto per la sua capacità di creare scandali.
- Galileo tornò a Roma nel 1615, e prese pubblicamente una netta posizione a favore del sistema Copernicano. L'Inquisizione iniziò a prendere in esame le denunce contro di lui e Galileo venne ammonito dal cardinal Bellarmino. Pochi giorni dopo, a più di cinquant'anni dalla sua uscita, il libro di Copernico fu messo all'indice.

- Nel 1618 tre comete apparvero in cielo e l'astronomo gesuita Orazio Grassi le citò come prova contraria al sistema Copernicano. Gli amici pregarono Galileo di non rispondere direttamente, ed egli scrisse un discorso che fu letto dall'allievo Mario Guiducci.

- Grassi replicò con una lettera intitolata "La Bilancia Astronomica e Filosofica" pubblicata con il soprannome di Lothario Sarsi, in cui pretendeva di soppesare le opinioni di Galileo.

Era troppo, Galileo ruppe il silenzio e rispose con "Il Saggiatore", un testo certamente polemico ...

Però quando il Sarsi vien con tanta moltitudine d'autori, non mi par che fortifichi punto la sua conclusione, anzi che nobiliti la causa del signor Mario e mia, mostrando che noi abbiamo discorso meglio che molti uomini di gran credito. Se il Sarsi vuole ch'io creda a Suida che i Babilonii cocesser l'uova col girarle velocemente nella fionda, io lo crederò; ma dirò bene, la cagione di tal effetto esser lontanissima da quella che gli viene attribuita, e per trovar la vera io discorrerò così: “Se a noi non succede un effetto che ad altri altra volta è riuscito, è necessario che noi nel nostro operare manchiamo di quello che fu causa della riuscita d'esso effetto, e che non mancando a noi altro che una cosa sola, questa sola cosa sia la vera causa: ora, a noi non mancano uova, né fionde, né uomini robusti che le girino, e pur non si cuocono, anzi, se fusser calde, si raffreddano più presto; e perché non ci manca altro che l'esser di Babilonia, adunque l'esser Babiloni è causa dell'indurirsi l'uova, e non l'attrizion dell'aria”, ch'è quello ch'io volevo provare. È possibile che il Sarsi nel correr la posta non abbia osservato quanta freschezza gli apporti alla faccia quella continua mutazion d'aria? e se pur l'ha sentito, vorrà egli creder più le cose di dumila anni fa, succedute in Babilonia e riferite da altri, che le presenti e ch'egli in se stesso prova? Io prego V. S. Illustrissima a farli una volta veder di meza state ghiacciare il vino per via d'una veloce agitazione, senza la quale egli non ghiaccerebbe altrimenti.

- Nel 1623 il cardinale Maffeo Barberini divenne papa Urbano VIII. Barberini era stato amico ed ammiratore di Galileo. Ma i Barberini erano ricchi e avidi (“Quod non fecerunt barbari, fecerunt Barberini”), e Urbano VIII non era da meno. Galileo invece si illuse che il clima fosse cambiato e che le cose si mettessero al meglio.

- Nel 1632 Galileo pubblicò il “Discorso” (GSR p. 80-81, fine p. 83, p.84-86)

- Nel 1633 Galileo venne convocato a Roma e processato (GSR)

- Il 22 giugno 1633 venne letta la sentenza che condannava alla prigione il settantenne Galileo, malato e quasi cieco.

L’ambasciatore del Granducato di Toscana riuscì a far commutare la pena in custodia nella casa dell’arcivescovo Ascanio Piccolomini, amico di Galileo.

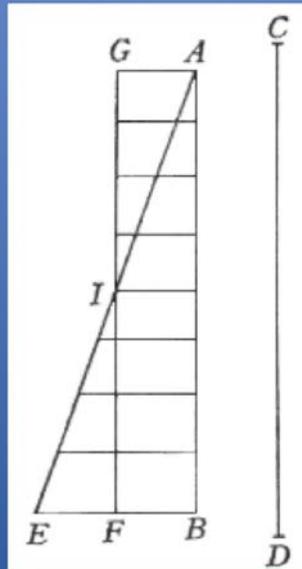
L’umanità dell’arcivescovo riuscì a risollevarlo Galileo dalla sua profonda prostrazione, e lo incoraggiò a scrivere il trattato sul movimento che Galileo aveva in mente da tanto tempo.

- Alla fine del 1633 Galileo ottenne gli arresti domiciliari nella sua villa ad Arcetri (dove si era trasferito nel 1631), vicino al convento della figlia Virginia (Suor Maria Celeste), a cui era molto affezionato. Ma dopo pochi mesi la figlia – solo trentatreenne – morì.



Galileo in prigione (Granet)

- Galileo allora iniziò a scrivere “Due nuove Scienze” , il suo libro più importante, e lo completò nel 1638. A Galileo era stato proibito di pubblicare, ma il libro fu fatto arrivare in Olanda e pubblicato dallo stampatore Louis Elzevir. Quando questo si seppe, Galileo finse sorpresa, ma la Chiesa non infierì oltre.
- Nel libro Galileo riassunse gli esperimenti e i calcoli di una intera vita di ricerca. Il libro è strutturato in giornate e sotto forma di dialogo: nelle prime due si parla di statica, nelle seconde due si parla della cinematica (moto uniforme e moto uniformemente accelerato) e vengono poste le basi della dinamica. Il moto dei proiettili viene calcolato con una costruzione molto vicina al calcolo infinitesimale. (GSR p. 107-109)



- Galileo si ammalò nel novembre del 1641. Morì l'8 gennaio 1642, aveva quasi 78 anni.
- Firenze decise di erigere una tomba monumentale nella chiesa di S. Croce, dove sono sepolti i grandi fiorentini, ma Urbano VIII, che aveva già ripetutamente respinto le richieste di alleggerimento della pena per Galileo, mise il veto. Per quasi un secolo la sua bara rimase nella cripta della chiesa, finché venne eretto un monumento degno, come specificato nel testamento del suo ultimo fedelissimo allievo, Vincenzo Viviani.



Galileo e Viviani, di Lessi Titi (1858-1917)

La riabilitazione di Galileo (Giovanni Paolo II, 1992)

... Così la scienza nuova, con i suoi metodi e la libertà di ricerca che essi suppongono, obbligava i teologi a interrogarsi sui loro criteri di interpretazione della Scrittura. La maggior parte non seppe farlo.

Paradossalmente, Galileo, sincero credente, si mostrò su questo punto più perspicace dei suoi avversari teologi. “Se bene la Scrittura non può errare, scrive a Benedetto Castelli, potrebbe nondimeno talvolta errare alcuno de’ suoi interpreti ed espositori, in vari modi”. Si conosce anche la sua lettera a Cristina di Lorena (1615) che è come un piccolo trattato di ermeneutica biblica.

....

Chi si impegna nella ricerca scientifica e tecnica ammette come presupposto del suo itinerario che il mondo non è un caos, ma un “cosmos”, ossia che c’è un ordine e delle leggi naturali, che si lasciano apprendere e pensare, e che hanno pertanto una certa affinità con lo spirito. Einstein amava dire: “Quello che c’è, nel mondo, di eternamente incomprensibile, è che esso sia comprensibile”. Questa intelligibilità, attestata dalle prodigiose scoperte delle scienze e delle tecniche, rinvia in definitiva al Pensiero trascendente e originario di cui ogni cosa porta l’impronta. ...