

Leonardo da Vinci
LO SGUARDO VERSO IL CIELO
tra Arte e Scienza

L. DA Vinci 1507

Leonardo da Vinci (1452-1519)
Autoritratto 1510-1515, *inv. no. 15571*
Biblioteca Reale
Torino

Alba Zanini
INFN, Sezione di Torino
Associazione Culturale Kòres

Leonardo, de l'Italie à la France

Vinci 15 aprile 1452 – Amboise, 2 maggio 1519

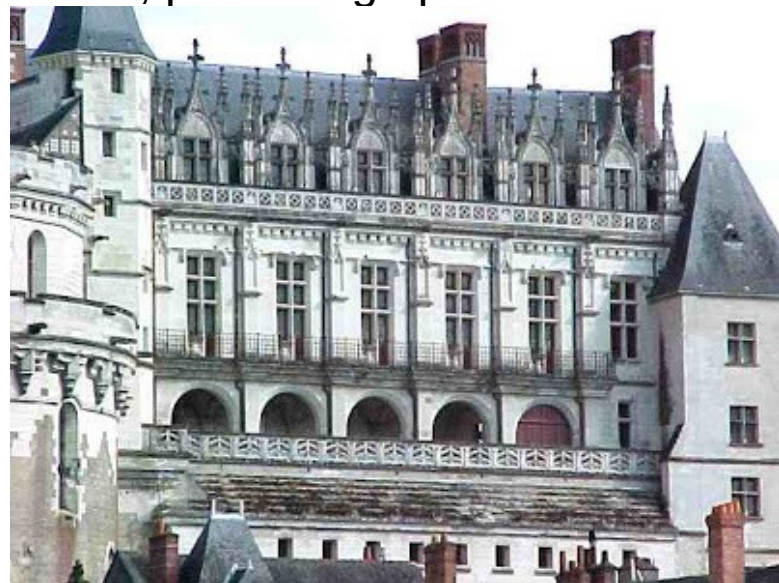


Vinci, petit village près de Florence



La maison de Leonardo

Jean Auguste Ingres
La Mort de Leonard



Chateau d'Amboise



Chateau de Clos Lucé

La Firenze dei Medici

La Firenze dei Medici è nel '400 il centro della cultura europea, sia per il fiorire delle arti, sia per il fervore del dibattito filosofico e scientifico:

l'Accademia Platonica di Marsilio Ficino (1433-1499),
figura determinante per la diffusione del Platonismo nel '400,
raccolgeva i sapienti dell'epoca nella tenuta di Careggi, ricevuta in dono da
Lorenzo il Magnifico

qui insegnano pensatori illustri come

Angelo Poliziano, Pico della Mirandola, Giovanni Argiropulos⁴.



Marsilio Ficino (1433-1499),



La Villa Medicea di Careggi



Cosimo 1389-1464



Lorenzo il Magnifico (1449 - 1492)

La Bottega del Verrocchio

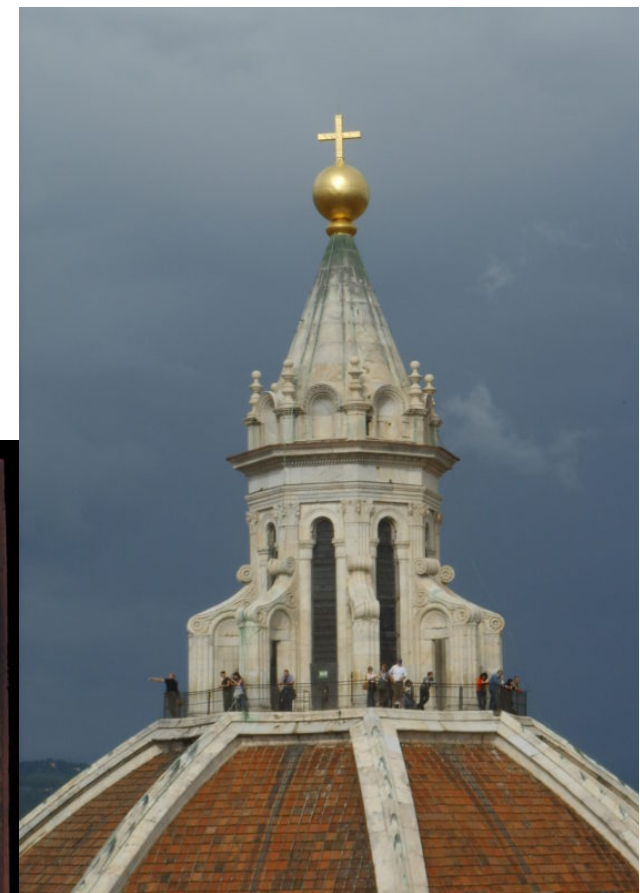


Andrea del Verrocchio (1435-1488)

Probabile autoritratto
di Leonardo

Nel 1468 il Verrocchio ha l'incarico di realizzare e installare la grande palla di rame dorato in cima alla cupola di S.Maria del Fiore, costruita da Brunelleschi.

La sfera, di 2.30 m di diametro e del peso di 18 quintali, doveva essere issata fino ad una altezza di 90 metri: una sfida ingegneristica di grande rilievo, a conferma dell'alto livello di abilità tecnologica della bottega. La palla fu installata nel 1471.



La sfera dorata a
Santa Maria Novella

Andrea Verrocchio Il Battesimo di Cristo
1475-1478
Galleria degli Uffizi, Firenze

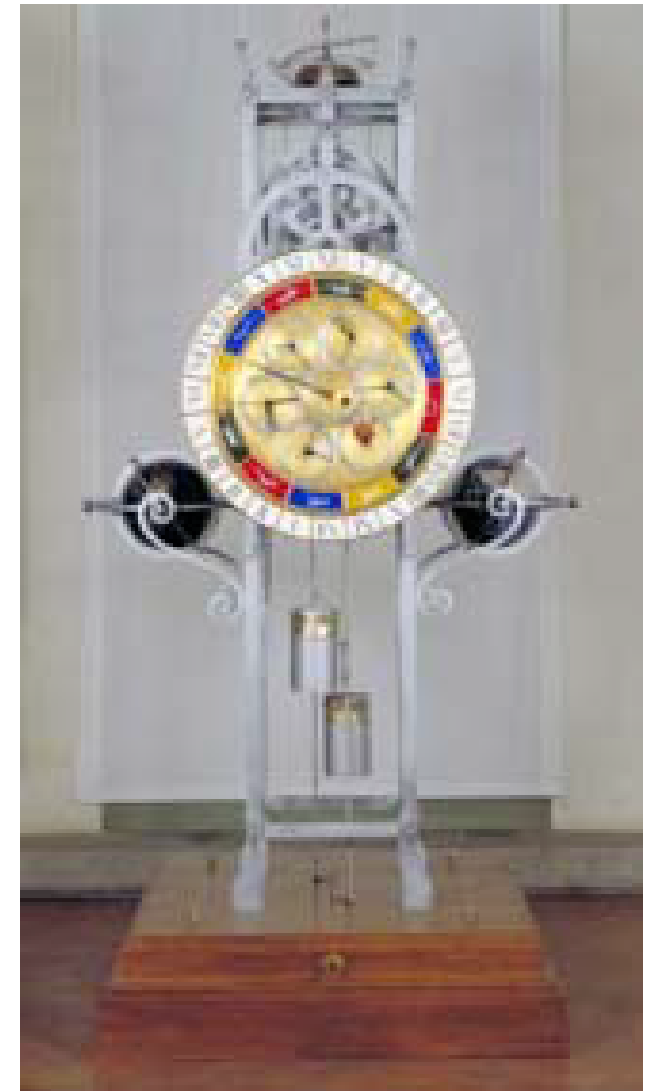
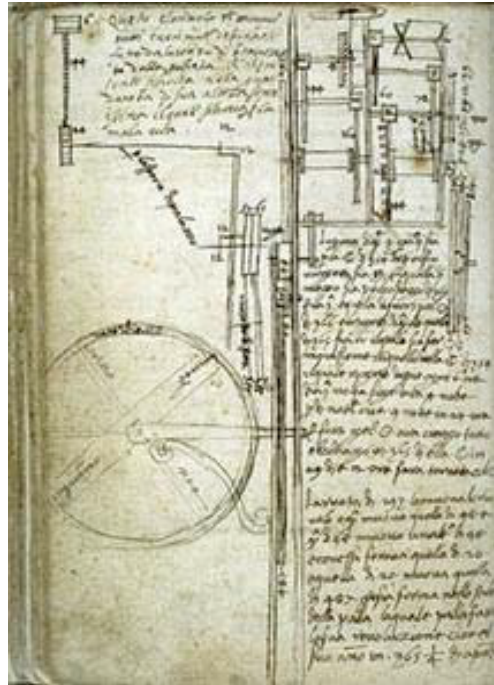
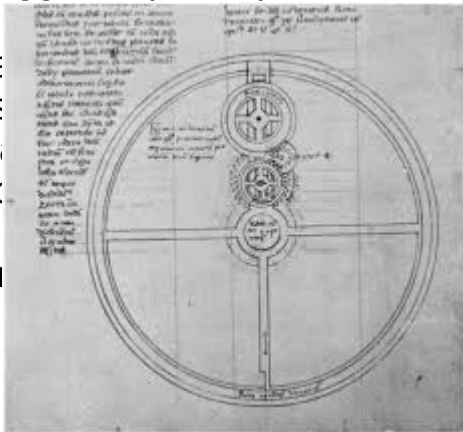
La jeunesse de Leonardo à Florence (jusque a 1482)

Fin dagli anni della giovinezza a Firenze, Leonardo frequenta scienziati insigni che si occupano di cartografia e astronomia, quali Lorenzo Bonincontri(1410-1491), Paolo dal Pozzo Toscanelli (1397-1482), Lorenzo della Volpaia (1446-1512),

Particolarmente legato a Leonardo è Lorenzo della Volpaia, suo coetaneo e amico

(nel gennaio del 1504 Lorenzo era con Leonardo fra i saggi interpellati per la collocazione del

David di Michelangelo rinomato studioso tanto da realizzare un orologio astrario (orologio) che riproduceva mirabilmente il



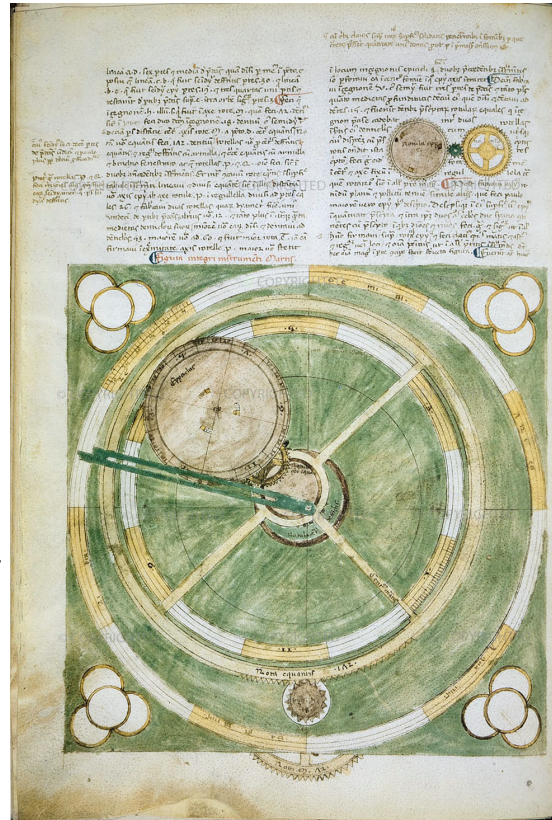
Negli orologi planetari la misura diretta del tempo è secondaria rispetto alla finalità di visualizzare la posizione dei corpi celesti nei confronti della Terra, in modo da determinare con esattezza gli influssi astrologici.

La costruzione di questo tipo di orologi richiedeva approfondite nozioni astronomiche, calcoli accurati e perizia nelle lavorazioni meccaniche. Lorenzo costruì due orologi planetari di sua invenzione. Il re Mattia Corvino d'Ungheria; commissionò a Lorenzo un Orologio, di grandi dimensioni e molto complesso, che risultò il suo capolavoro.

La passione per gli orologi



Astrario di Giovanni Dondi: ricostruzione di Luigi Pippa esposta presso il Museo nazionale della scienza e della tecnologia Leonardo da Vinci, Milano.



Tractatus astrarii; pagina che descrive il quadrante di Venere; Padova, Biblioteca Capitolare, Ms. D.39: 12v



LEONARDO DA VINCI – Meccanismo per orologio astronomico Ms. L (IFP), c. 92v

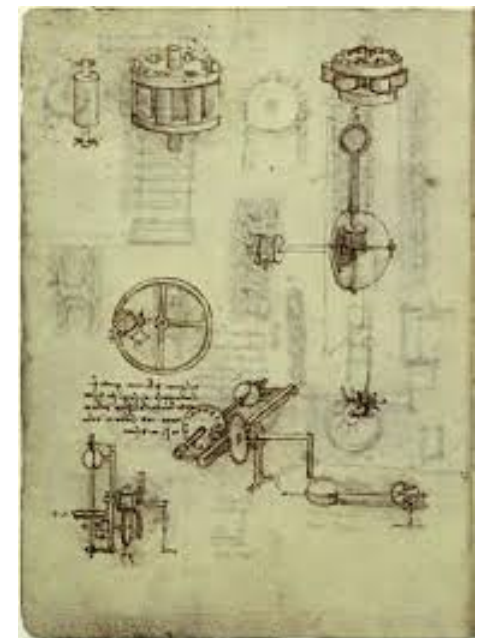
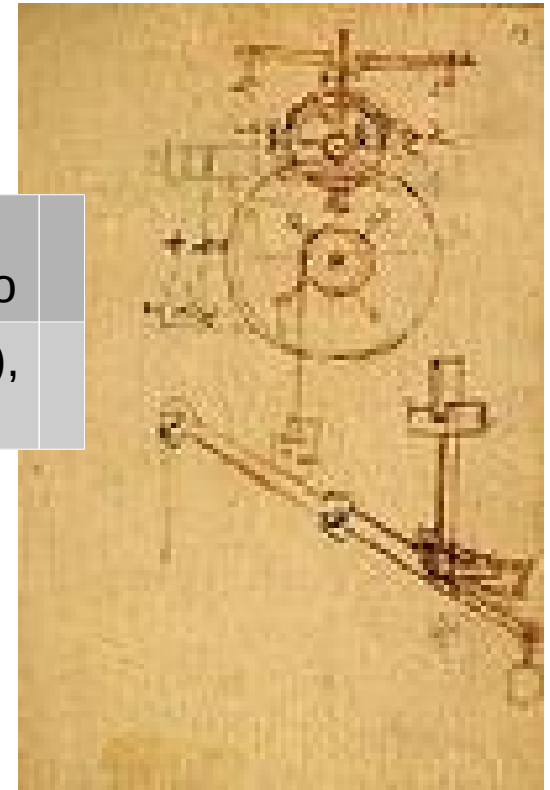
è considerato uno dei capolavori dell'epoca medievale. Fu realizzato da Giovanni Dondi, medico e astronomo, in oltre sedici anni di lavoro, probabilmente tra il 1365 e il 1381, L'orologio riproduceva il moto dei pianeti secondo gli epicicli di Tolomeo

Dondi fu professore nelle università di Padova e di Pavia, amico di Giovanni Boccaccio e di Francesco Petrarca e medico personale di quest'ultimo.

E' stato possibile ricostruire dei modelli funzionanti: uno di questi si trova allo *Science Museum* di Londra, uno all'**Observatoire de Paris**, uno al Museo della Scienza di Milano.

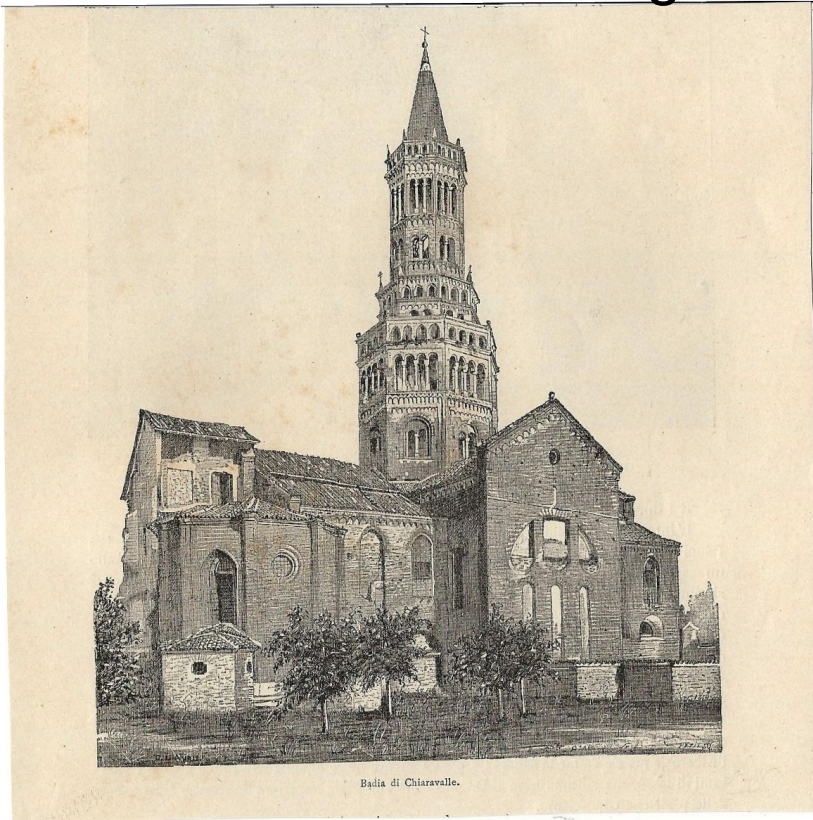


- LEONARDO DA VINCI -
Meccanismo per orologio
Codice Forster II (VAML),
c. 13r

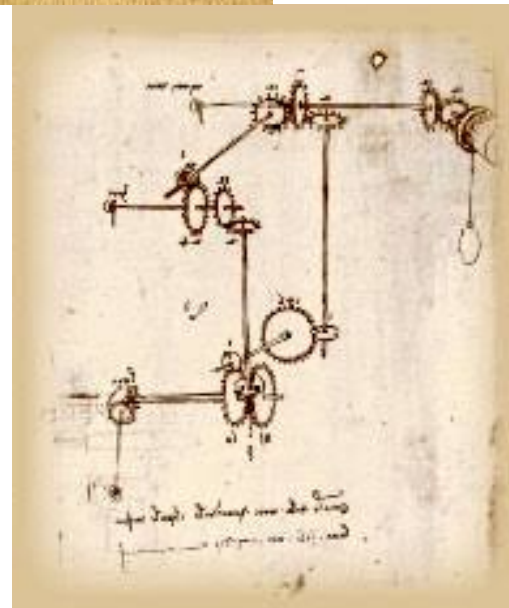
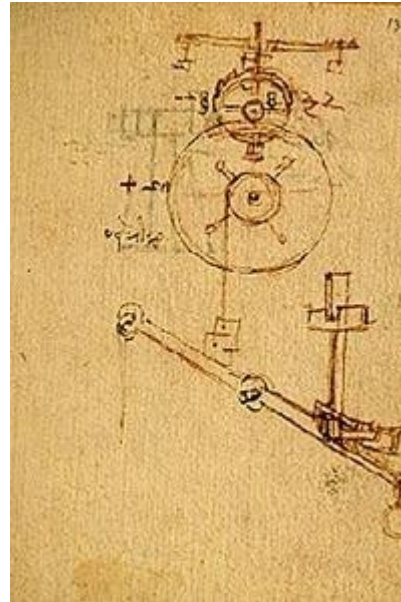


L'antichità classica aveva sviluppato straordinarie conoscenze in astronomia, tanto che il catalogo delle stelle di Ipparco e le Tavole di Tolomeo erano ancora utilizzate, nel loro impianto fondamentale, dai navigatori del XV secolo, quali Cristoforo Colombo (1451-1506), Amerigo Vespucci (1454-1512) e Vasco da Gama (1460-1524)

L'orologio della torre di Chiaravalle

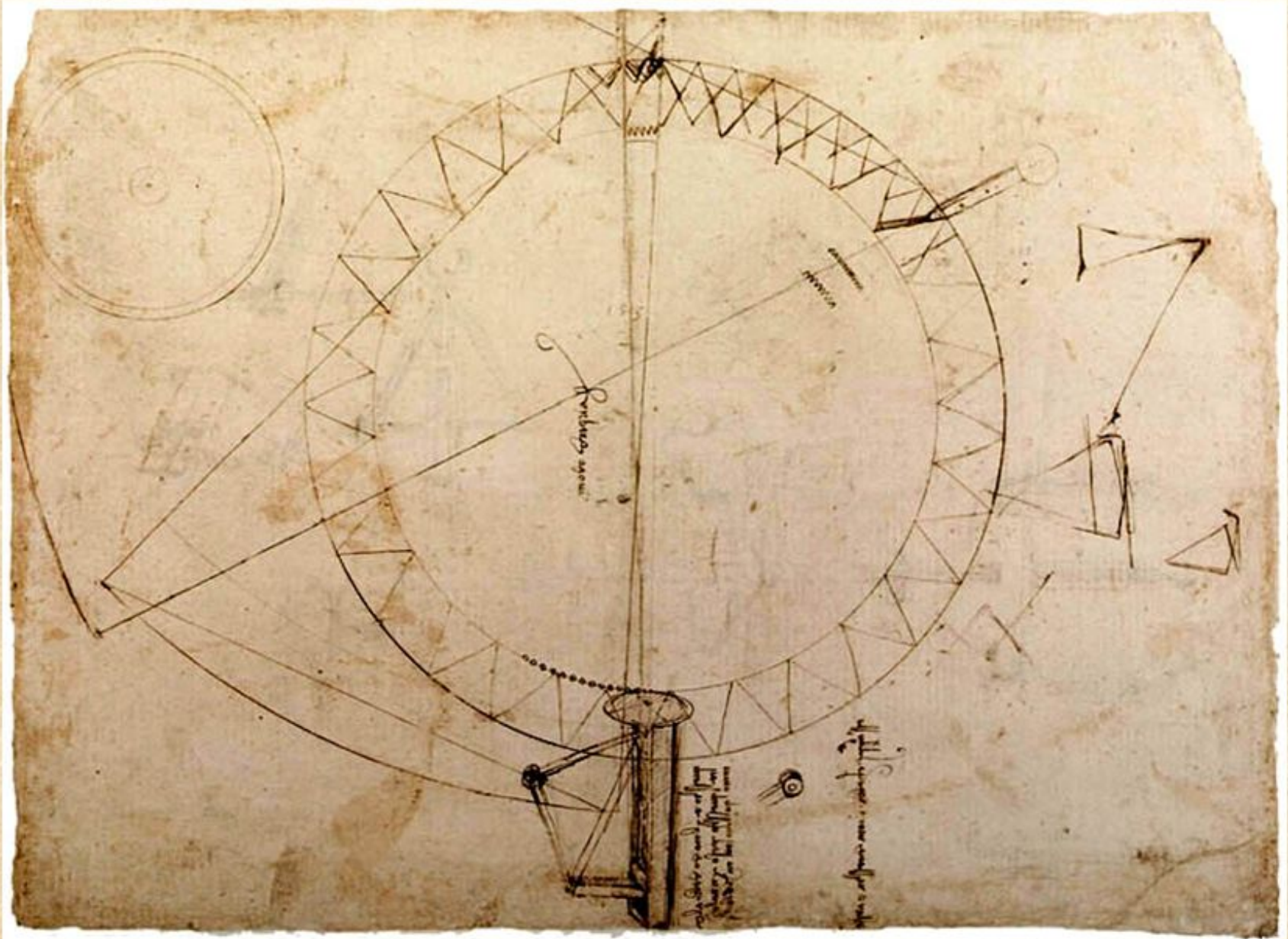


abbazia cistercense costruita nel 1335

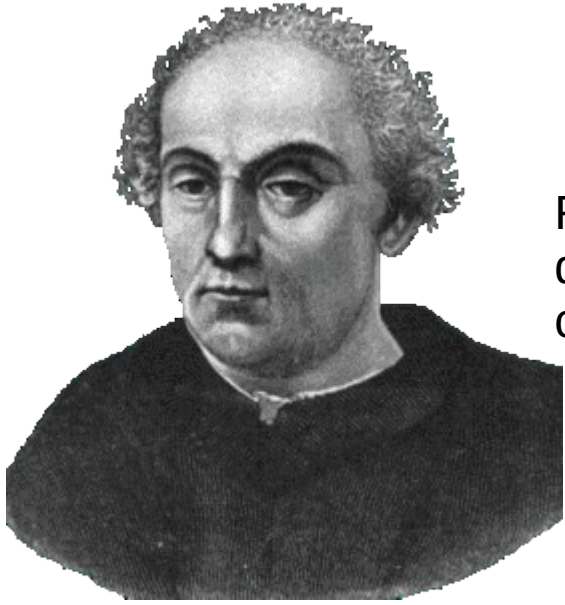


dell' *"Oriolo della torre di Chiaravalle il quale mostra luna, sole ore e minuti"* completo di particolari meccanici e delle indicazioni circa il numero di denti delle

Il planetario di Leonardo

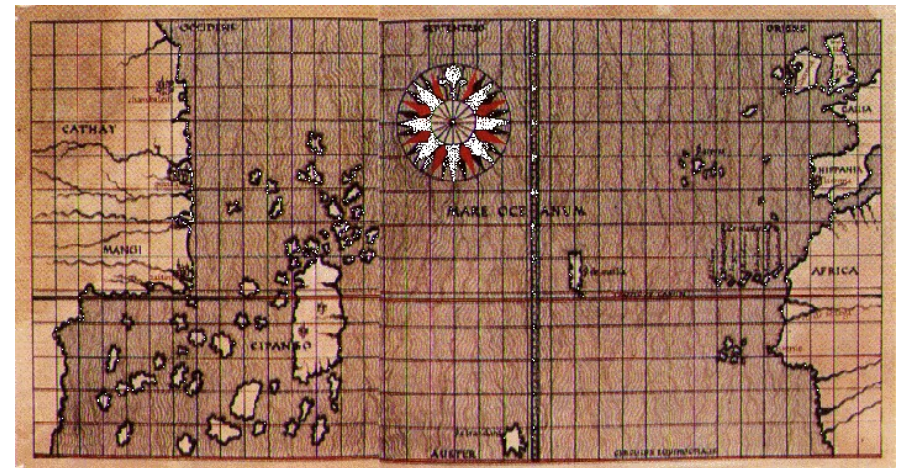
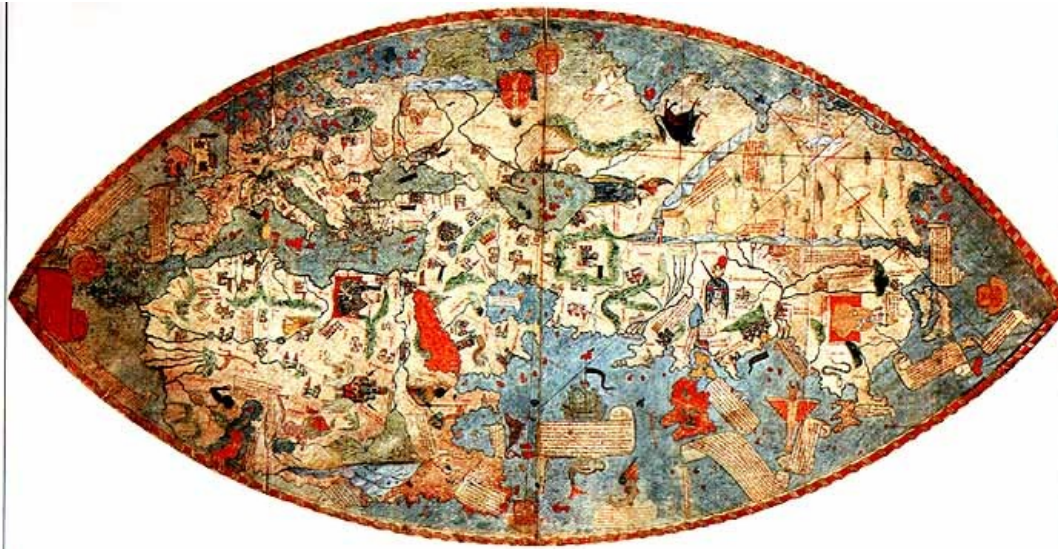


Paolo dal Pozzo Toscanelli (1397-1492)



Realizzò diverse carte del cielo con la posizione delle comete del 1433, del 1449-50 e della cometa, che in seguito venne chiamata "Cometa di Halley", nel suo passaggio del 1456

Toscanelli esercitò un'influenza decisiva sulla decisione di Colombo di prendere il mare in cerca delle Indie orientali navigando verso Ovest.



Ricostruzione ipotetica, in proiezione cilindrica, della carta inviata da Paolo dal Pozzo Toscanelli a Cristoforo Colombo



CAVRVS CHORVS VEL IAPX SIVE ARGESTES

CIRCVS VEL TRESIAS

SEPTENTRIONALIS PARCTIAS

AQVILVS VEL BOREAS

CECIAS APELIOTES

FRIGORVS ET EPHEVS

SIBIRIOTVS

AFRICVS VEL LIBS

AFRICVS VEL LIBS

LIBIOTVS EVROAVSTER

EVRVVS

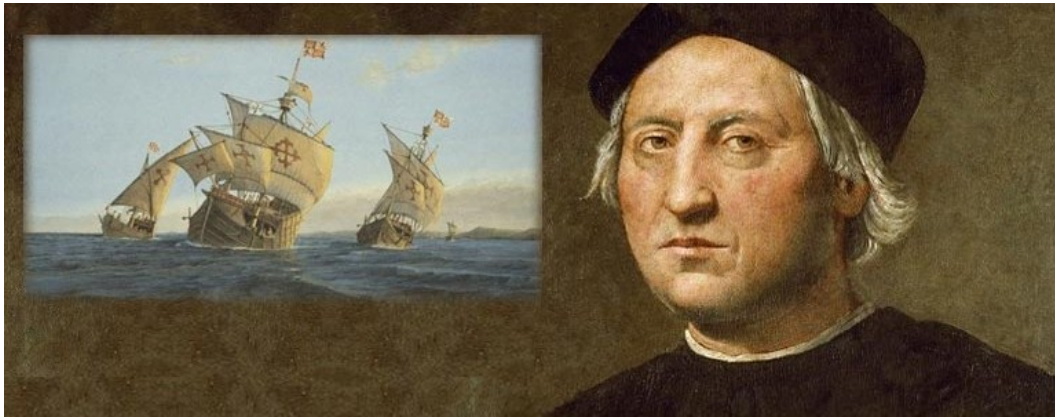
EVRVVS

EVRVVS

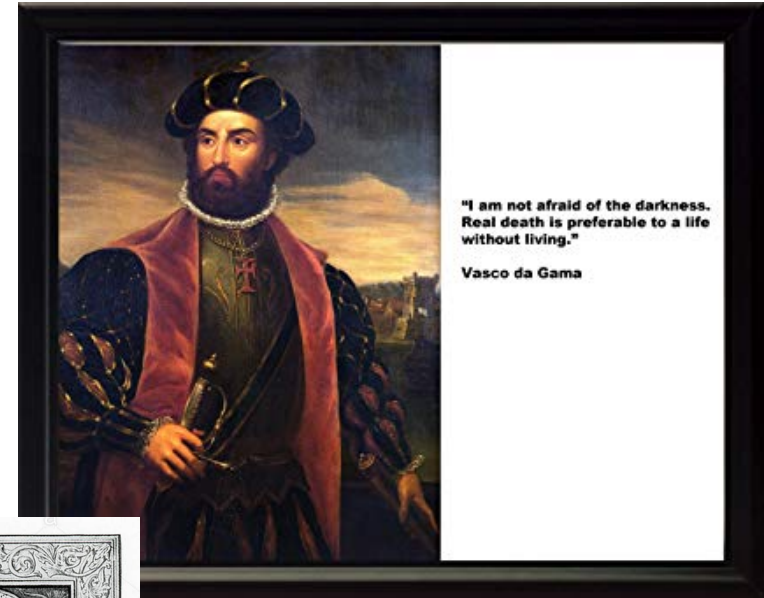
EUROPA
AFRICA
ETHIOPIA INTERIOR
ASIA
MARE INDICVM
PRAESODVM
MARE
LIBIA INTERIOR
AFRICA
ETHIOPIA INTERIOR
ASIA
MARE INDICVM
PRAESODVM
MARE

Gradi longitudo a occidentali orientem

Le grands voyages par mer du XV siècle



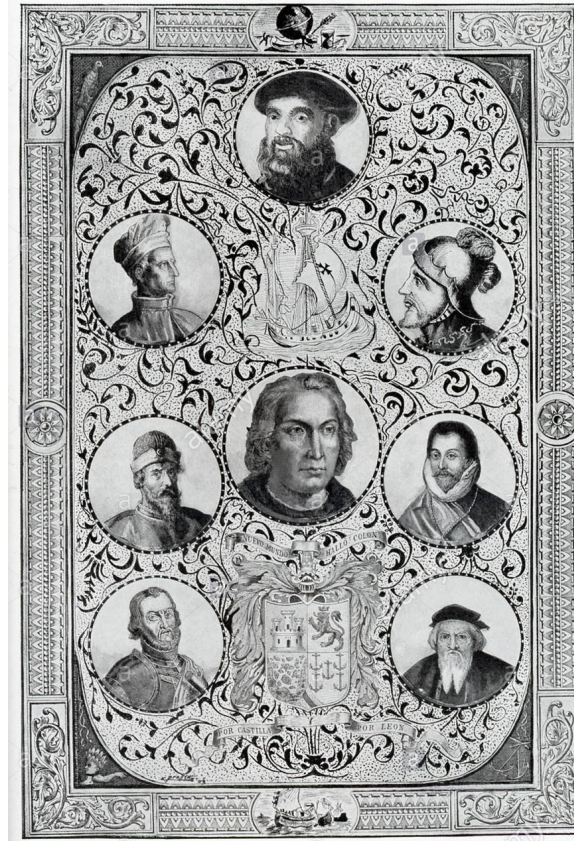
Cristoforo Colombo (1451-1506)



Vasco da Gama (1460-1524)



Amerigo Vespucci (1454-1512)

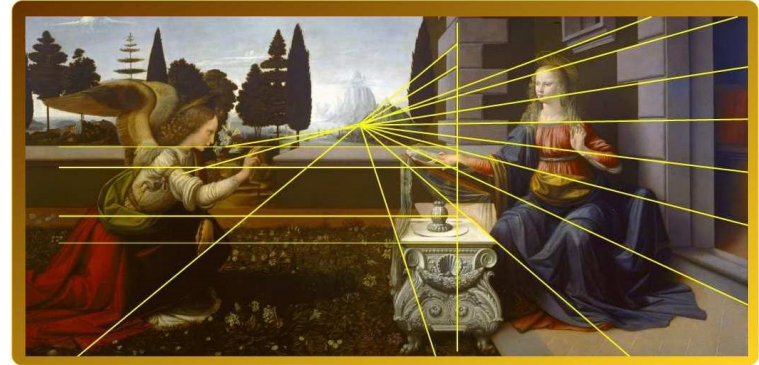


Sebastian Caboto,
Vasco da Gama
Ferdinando Magellano,
Amerigo Vespucci,
Cristoforo Colombo,
Francis Drake, Prince Henri

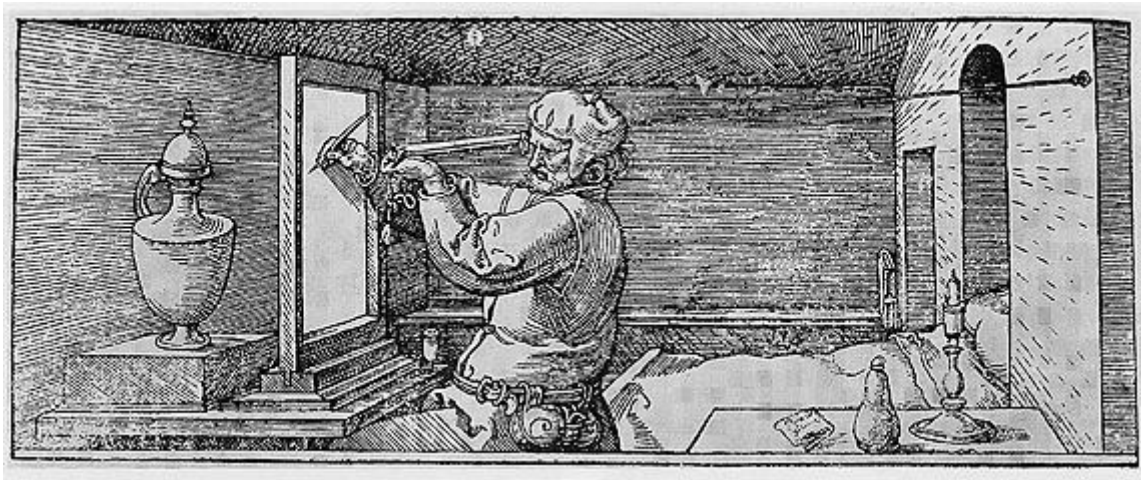
La Science de la peinture et la perspective

“La deità ch’ha la scienza del pittore, fa si che la mente del pittore si trasmuta in una similitudine di mente divina “ (Libro di Pittura, §68)

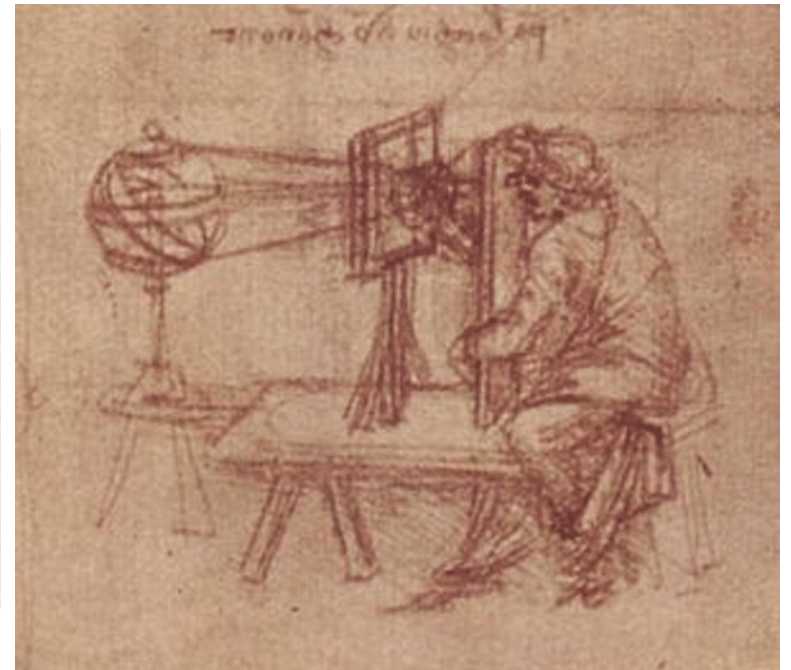
“Lo spazio è dal pittore costruito «per forza de scienza» (Libro di pittura, §35).



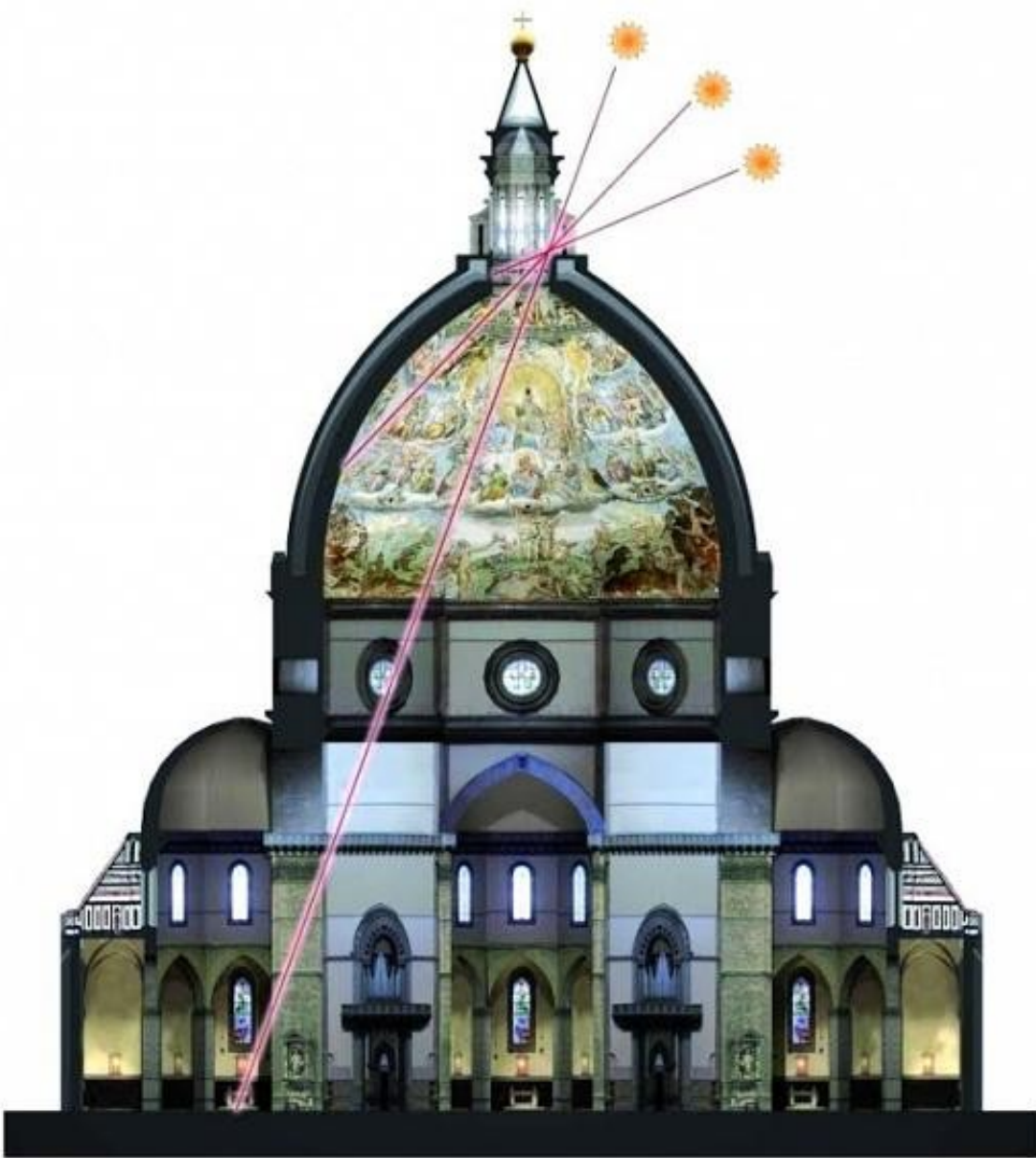
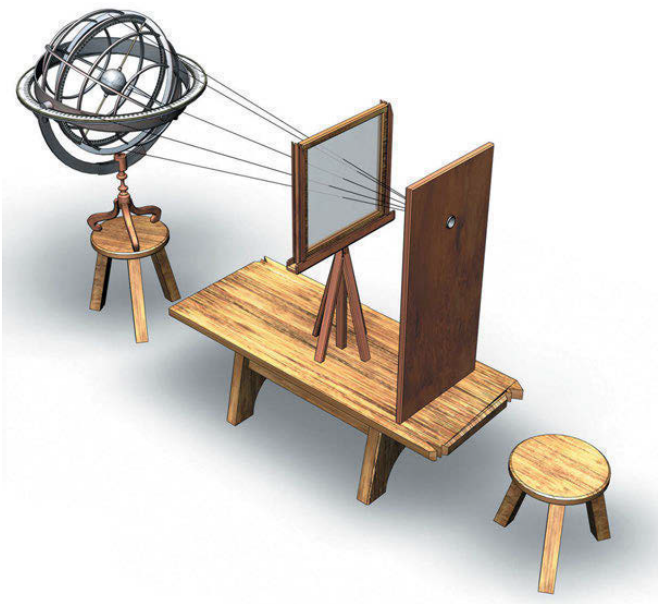
Leonardo da Vinci L'annunciazione



Prospettografo di Albrecht Durer 1538



Prospettografo di Leonardo



Tuttavia già nel tardo medioevo cominciano ad insinuarsi in questo modello statico del mondo importanti innovazioni teoriche e metodologiche, grazie ai contributi di Giovanni Buridano (1295-1361), Alberto di Sassonia (1316-1390) e Nicola Oresme¹⁵ (1323-1382), **che criticano la dottrina aristotelica, giungendo a ipotizzare la rotazione della terra sul suo asse e introducendo la “teoria dell’impetus”**, che considera per la prima volta una causa fisica del moto, collegata all’impulso fornito all’oggetto. **Leonardo riprenderà il concetto di “impetus” nello studio del moto dei proiettili.** (Ms. I e M e CA)

Giorgio Valla¹⁶ (1447-1500) nel 1498 dà alle stampe una raccolta di traduzioni dal greco dove, accanto ai testi aristotelici, compaiono opere di Euclide, Proclo, Galeno e, per la prima volta, di Aristarco di Samo. Successivamente scrive *De expetendis et fugiendis rebus*, pubblicato postumo nel 1501, una colossale enciclopedia del sapere umanistico composta da 49 libri (Cappello 2018), che Leonardo possiede nella sua biblioteca (CM II, ff. 2v-3r). Proprio la riscoperta di Aristarco di Samo (310-230 a.c) che già aveva intuito il modello eliocentrico, apre nuove prospettive nel campo dell’astronomia.¹⁷

Di rilevante importanza è inoltre il contributo al dibattito scientifico in campo matematico e astronomico dovuto alla presenza in Italia, tra il 1461 e il 1467 del grande astronomo tedesco

Johannes Müller (1436-1476), il Regiomontano¹⁸, che frequenta gli ambienti culturali di Roma, Ferrara, Padova, Venezia, accompagnando il Cardinale Bessarione, per completare la riforma dell’*Almagesto* di Tolomeo, iniziata da Georg von Peurbach (1423-1461) (Malpagotto 2008). **L’invenzione della**

“La neciessità è maestra e tutrice della natura; la neciessità è tema e inventrice della natura e freno e regola eterna”.

(CA manoscritto Foster (Fo. III, 43 v.)

Condivide con Galileo la consapevolezza che nello studio della natura sono necessarie sia l'esperienza diretta, sia la scienza matematica.

“non mi legga, chi non è matematico, nelli mia principi. [...] Chi biasima la somma certezza della matematica, si pasce di confusione e mai porrà silentio alle contraditioni delle sofistiche scientie con le quali s'impura uno eterno gridare”.

Libro di Pittura (IV, f.14r)

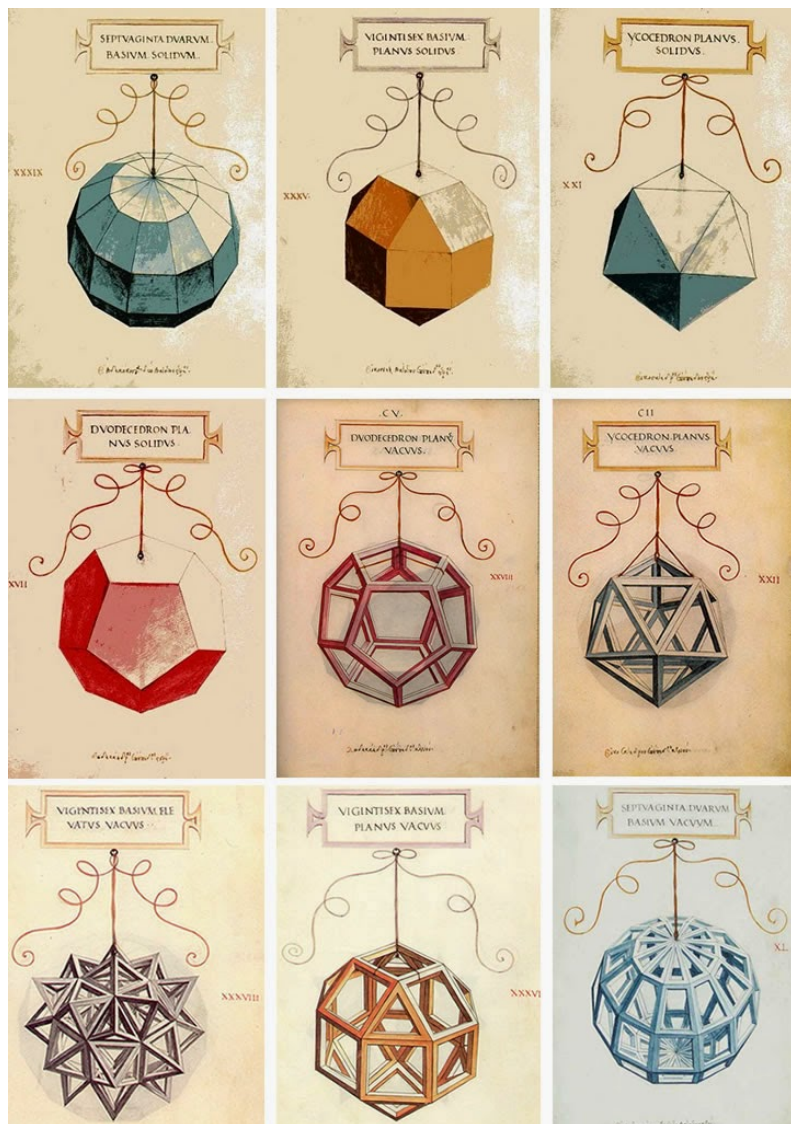
" Nissuna umana investigazione si può dimandare vera scienza, se essa non passa per le matematiche dimostrazioni; e l'investigazione non avrà fundamenta di verità se non nasce dall'esperienza, senza la quale nulla dà di sè certezza" (Libro di Pittura §11)

E' innegabile che queste affermazioni di Leonardo anticipino il pensiero di Galileo.

“...tra le sicure maniere di conseguire la verità è l'anteporre l'esperienza a qualsivoglia discorso, non sendo possibile che una sensata esperienza sia contraria al vero...”

"La filosofia naturale è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi, io dico l'universo, ma non si può intendere se prima non s'impura a intender la lingua e conoscer i caratteri nei quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i

L'incontro con Luca Pacioli (1496 a Milano)



Leonardo da Vinci *I solidi platonici*



Luca Pacioli (1445-1517)

Nel 1494 Pacioli pubblica *Summa de Arithmetica*, geometria proporzioni et proportionalità, in pratica un'enciclopedia del sapere abachistico e nel 1496 scrive il trattato *Compendium De Divina Proportione*, in tre esemplari manoscritti, dedicato al Duca di Milano; la seconda edizione, a stampa, è del 1509 a Venezia. Il trattato è illustrato da Leonardo, con la rappresentazione dei solidi platonici.

YCOCCEDRON ABSCHIVS
SOLIVS

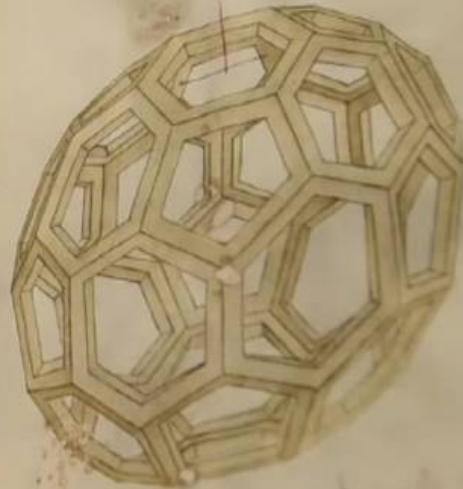
XXIII



Einmaliges in der Natur

YCOCCEDRON ABSCHIVS
VACVVS

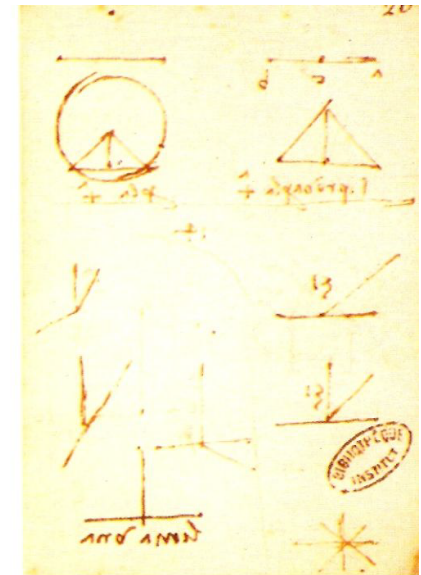
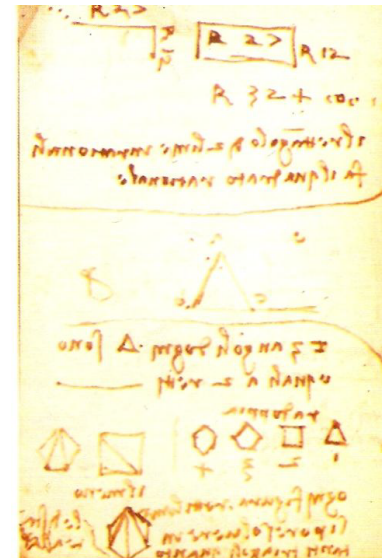
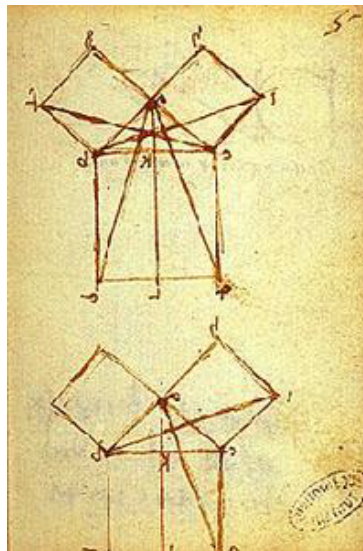
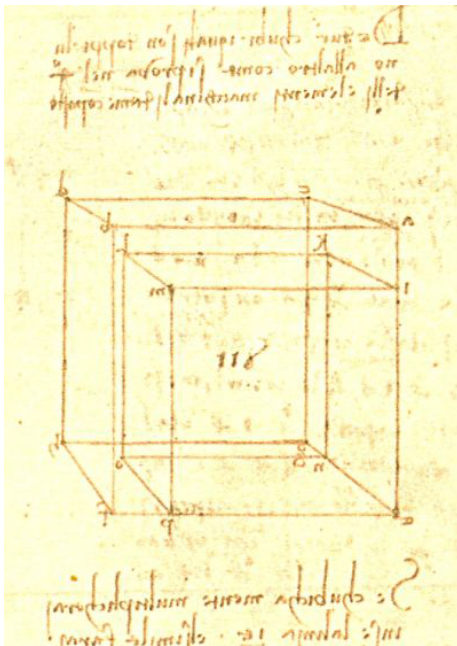
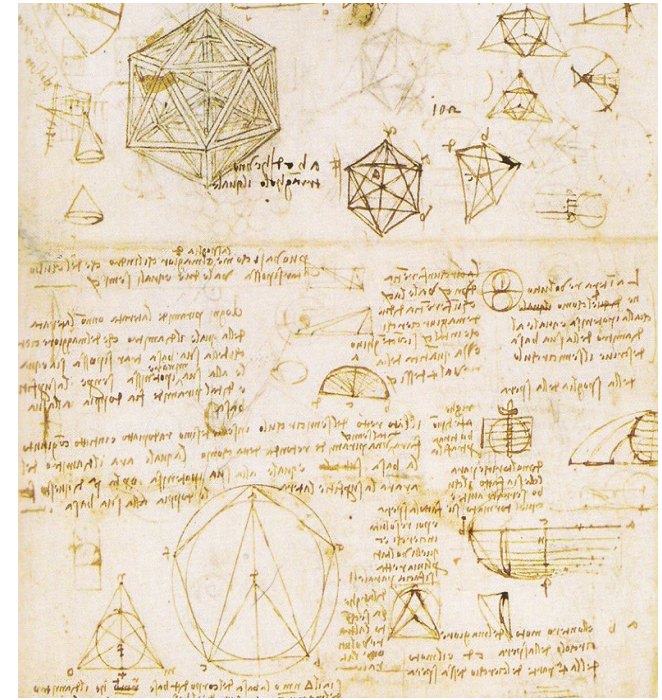
XXIII



Einmaliges in der Natur

Les études de mathématique et de geometrie

Leonardo studia geometria.
E' molto importante notare che Leonardo affronta tali studi tra il 1496 ed il 1504 quando era un cinquantenne



Codice L, foglio 10 v.

Leonardo deve eseguire $\frac{2}{3} : \frac{3}{4}$; sa che si dovrebbe ottenere $\frac{8}{9}$ (lo dice) ma contesta il

risultato: «Quest'è falso imperò ch'egli è più $\frac{8}{9}$ che non è $\frac{2}{3}$ ». La contestazione è facilmente spiegabile: se si divide A per B, ottenendo C, C deve essere minore di A, altrimenti, che razza di "divisione", cioè "partizione", è? (D'Amore, Oliva, 1994).

Codice Atlantico, foglio 665 r.

Si vuol moltiplicare $\frac{2}{2}$ per sé stesso; Leonardo ottiene $\frac{2}{2} \times \frac{2}{2} = \frac{4}{2}$ cioè 2. Da ciò deduce

che $\sqrt{2} = \frac{2}{2}$ e dunque estende, generalizzando: $\sqrt{3} = \frac{3}{3}$, $\sqrt{4} = \frac{4}{4}$, ...

Codice Atlantico, foglio 191 v.

Leonardo scrive: «(...) sarà $\frac{12}{12}$ cioè $\frac{1}{0}$ ». Poco oltre, sta trattando con i seguenti numeri:

$1\frac{1}{12}$, $1\frac{1}{6}$, $1\frac{1}{2}$; li trasforma (correttamente) in frazioni improprie: $\frac{13}{12}$, $\frac{7}{6}$, $\frac{3}{2}$; ora Leonardo

somma queste tre frazioni e ottiene $\frac{216}{78}$. Il risultato è del tutto sbagliato, in quanto dovrebbe essere $\frac{45}{12}$ cioè $\frac{15}{4}$. Leonardo sembra non riconoscere 12 come denominatore comune e giunge a quell'improbabile 78.

Codice L, foglio 21 v.

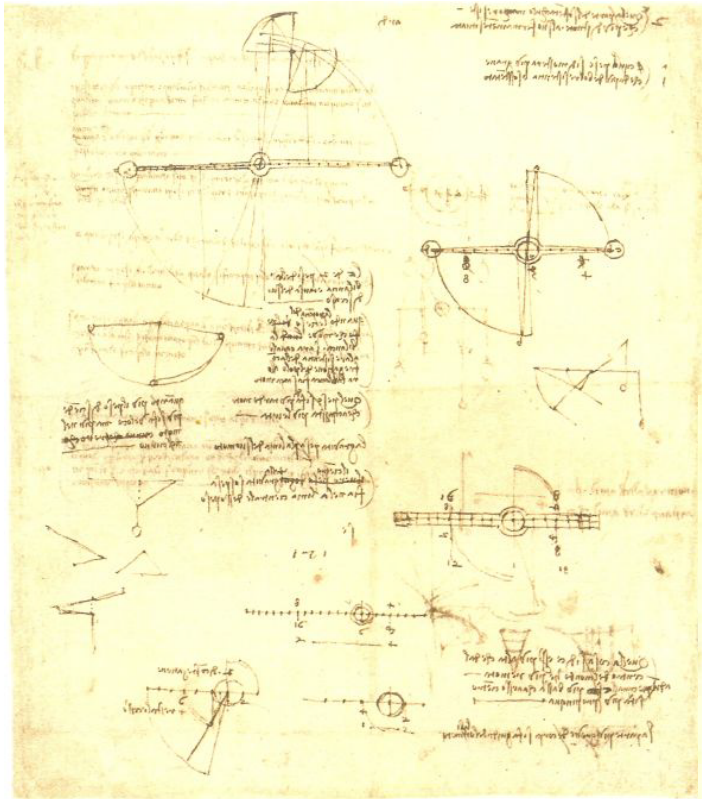
Si deve ridurre la frazione $\frac{270}{360}$ ai minimi termini, operazione che ci aspettiamo fatta con perizia da qualsiasi studente; si vede subito che si può intanto semplificare per 10 ma, con un minimo di acume, direttamente per 90. Ma Leonardo pasticcia un po', giungendo alla frazione corretta $\frac{3}{4}$ più per intuito e analogia che per matematica.

L'étude du Latin

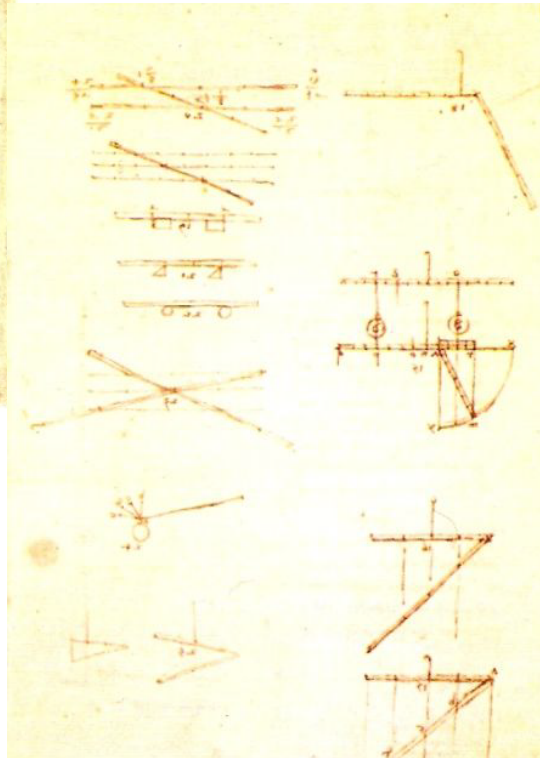
Anche nello studio del latino Leonardo è un autodidatta: Riempe numerosi fogli di vocaboli latini da memorizzare



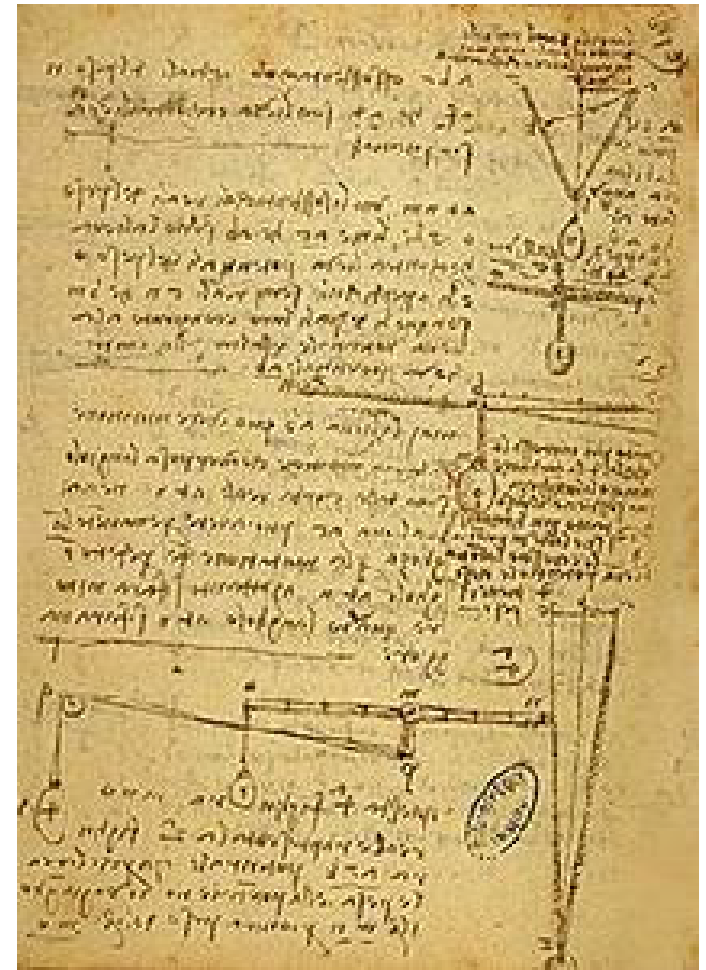
Studi di statica



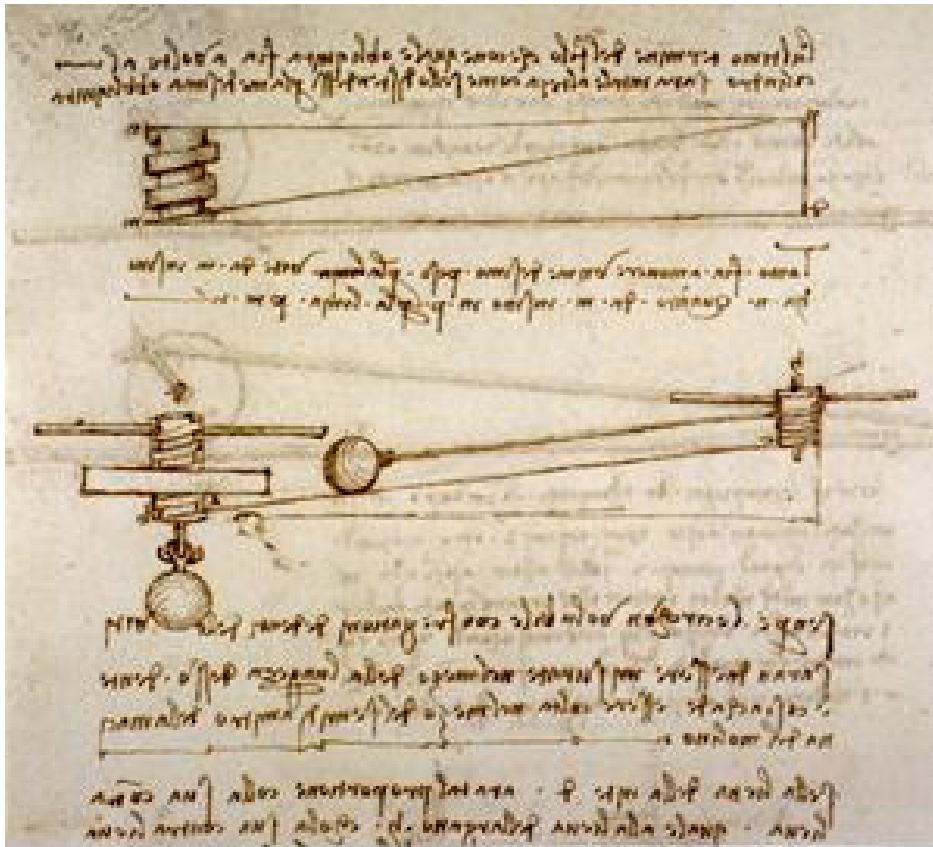
Studio della bilancia



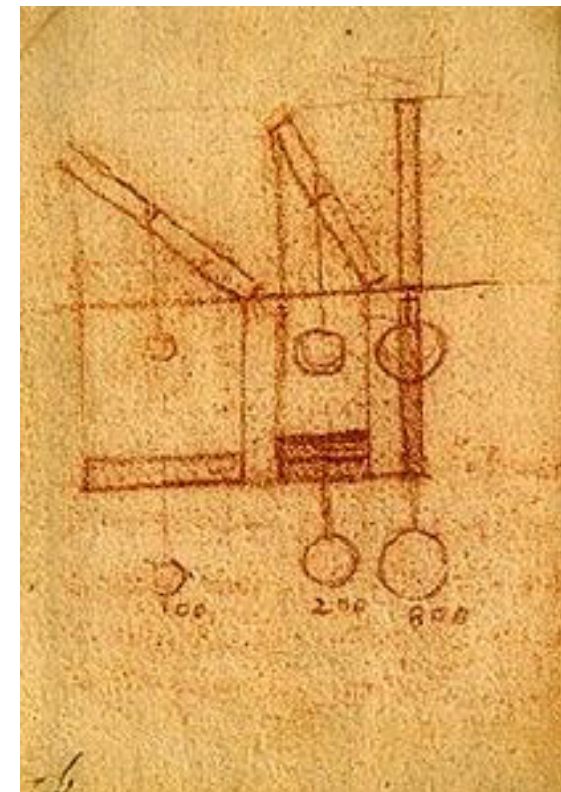
Studio della leva



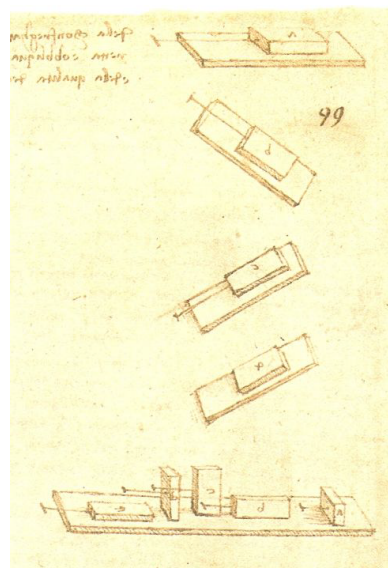
Studio di bilance graduate



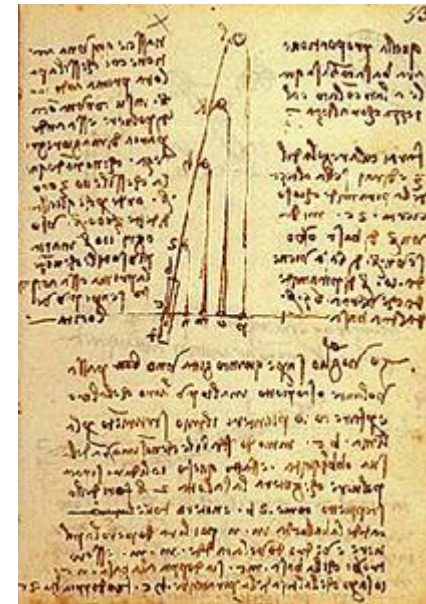
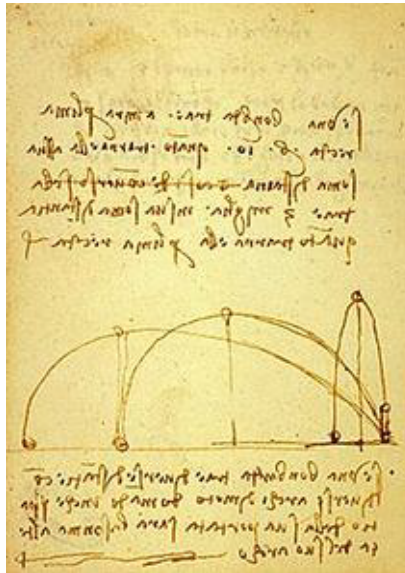
Studio del piano inclinato



Studio dell'attrito



Studi di cinematica-Moto dei proiettili



Manoscritto I, Institut de France, Parigi proiettili lanciati da bombarde mettendo in relazione la quota raggiunta dal proiettile e la distanza a cui arriva con l'inclinazione della bombarda:

I Codice Arundel: *Nessuna cosa insensibile si moverà da sé,*

I Codice Atlantico: *Ogni moto seguirà tanto la via del suo corso per linea retta, quanto durerà in esso la natura della violenza fatta dal suo motore*

Codice del volo degli uccelli:
Ogni moto attende al suo mantenimento, ovvero ogni corpo mosso sempre si move in mentre che la potenza del suo motore in lui si riserva.

Forza dico essere una virtù spirituale, una potenza invisibile.

TEORIA DELL'IMPETUS- Principio di inerzia

Cosmologia Medievale

La cultura medievale, dominante ancora nel'400 si basa principalmente sui grandi trattati di fisica, cosmologia, biologia e zoologia di **Aristotele (384-322 a.C.)** (*De Caelo, De generatione et corruptione, Meteorologica*) adottati dalla metà del XIII secolo nelle università di tutta Europa. La descrizione del cosmo si basa sul **modello astronomico geocentrico, codificato da Tolomeo (100-175 d.c.) nell'Almagesto**, con una netta separazione tra fenomeni superlunari e sublunari, che tiene rigidamente separati il mondo terrestre, corruttibile e dominato dai fenomeni **rettilinei**, e il mondo celeste, perfetto e immutabile, dominato dai moti circolari delle sfere celesti: nessuna analogia, nessun contatto è possibile tra i due mondi.



Fig. 1: Il sistema tolemaico, illustrazione da *Harmonia Macrocosmica* di Andreas Cellarius (1661), Milano, Biblioteca Nazionale Braidense.

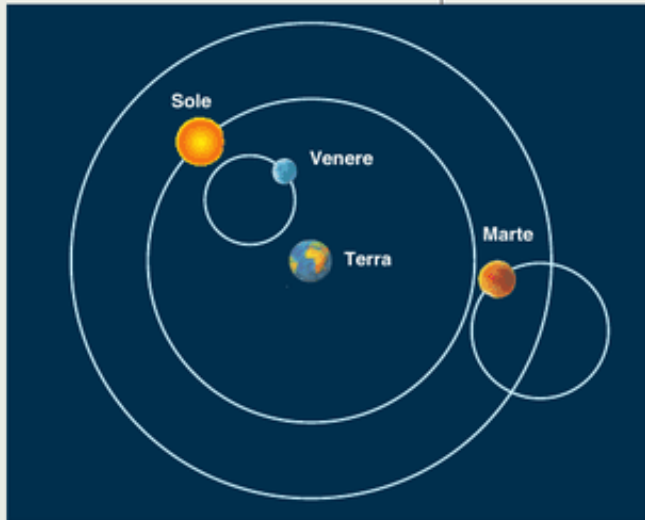
Le passage à la théorie heliocentrique



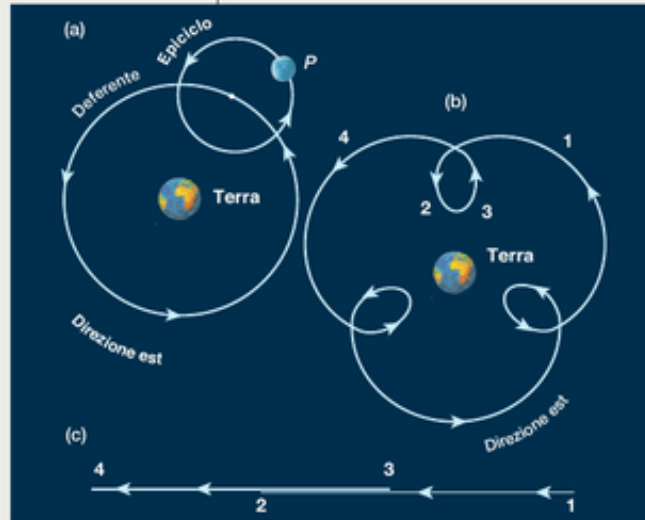
Modello geocentrico del sistema solare.

Modello eliocentrico del sistema solare.

Modello geocentrico.



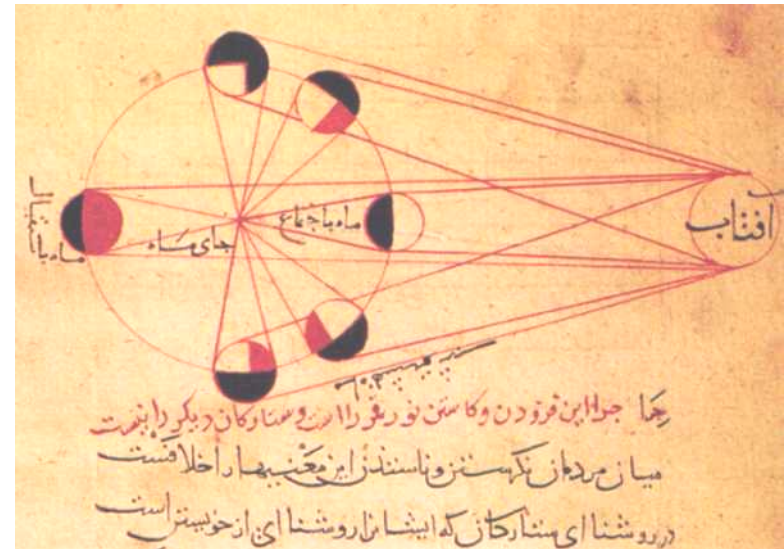
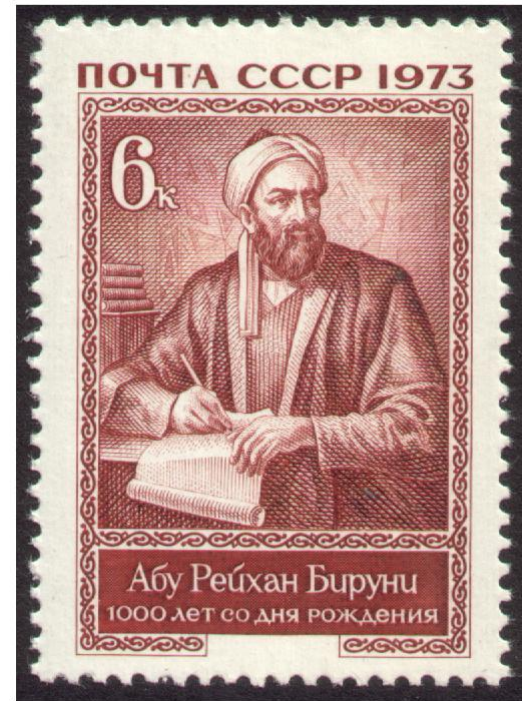
Il modello del Sistema solare secondo Tolomeo. Il centro della circonferenza su cui ruota Venere è sempre sulla congiungente Terra-



Il sistema degli epicicli e dei deferenti. In (a) vediamo un deferente ed un epiciclo tipici. In (b) è illustrato il moto intrecciato che es-

al-Biruni

(Abu Raihan Muhammad Ibn Ahmad Al-Biruni - Uzbekistan 973-1048)



que loci C. R. ille platonis opus exsecutio: sta infirma
diminuant qk. nocentia autem mensurae penae sepe reuolue
sero decursum emittit emigere. i. ad nate sue pncipia
q: celu rade impetrua purgacione remeare. Nec eo: C
omem aiam ad originae sue sede reuirt. s. q corp riq pague
incolo. cito p corp uidet ad pata reuicunt. Q uerai corpu
allectat ut suis sedib. meret. qm ab ill uolenciu se
pauit cito adsupa seri reuicunt. Si ia fine somno Inbi
ca disputacioe faciunt. si adiecto f coclusionem decet q
cu sint oculi philosophie in. partes motu. natat iratio
nat. i. sic motat q decea mox diuina pfectioem. Natat
q aedum comparib. disputat. Racional cu de incorpui
fermo e q met sola optectit. Nulla detrib. cultu mhi
sopno pmitit. Na ita aduictuol amoretq pueru. rad
occepit qle ad hortacio qd aliud oculo h eiceo philosophie.
instatua moralia. Cu u t de spheraru m t denontate
seu magnitudine sidu deq. pncipiu sol i curas celestib.
cingitq. mstrit. i. occuru sicut loqr. i armonie supu pan
de archam. phice secreta comemorat. Ac cu d pmo
a i uimortalitate aie disputat. cu nich conbit mce
corpou cui. eena null. snt s. sola ratio de pbenat. il
lie rational philosophie fustigia cophendit. Vere e pua
ciandu: nich h ope pfectu q uimta. philosophie coime
inrogatas. Somni Scipiois Macrobio. exclusao
A. Eicm onis excol. i. libro vi. de. C. R. d rllitit

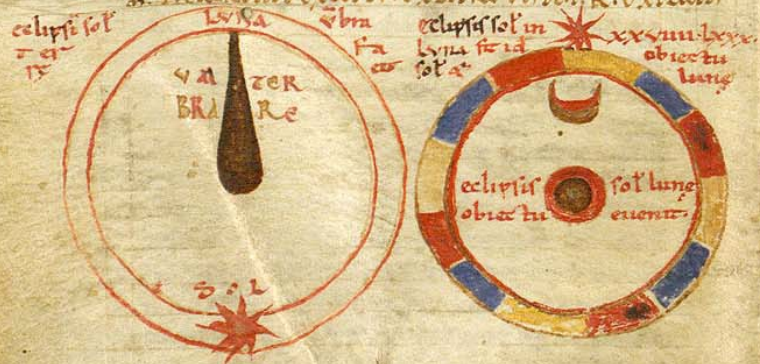


Figura 3.1 j Macrobius Commentarii in Somnium Scipionis (V secolo). Diagramma che illustra le eclissi solari e lunari. Pergamena (ca. 1150). Opere quali quelle di Macrobio permisero di conservare durante il Medioevo europeo concetti fondamentali come la sfericità della Terra e le sette sfere dei pianeti. (Wikimedia Commons; user Leinad-Z)



Un manoscritto del X Secolo, nel quale è contenuta, tra le altre, l'opera di Aristarco di Samo "Sulle dimensioni e distanze del Sole e della Luna", risalente al III Secolo a.C. Il disegno riprodotto nella pagina fa parte della Proposizione numero 13 del trattato, che ha per oggetto i rapporti tra i diametri del Sole, della Terra e della Luna noncha grandezza dell'ombra che la proiet sulla Luna durante un'eclisse lunare . Fonte: Library of Congress Vatican

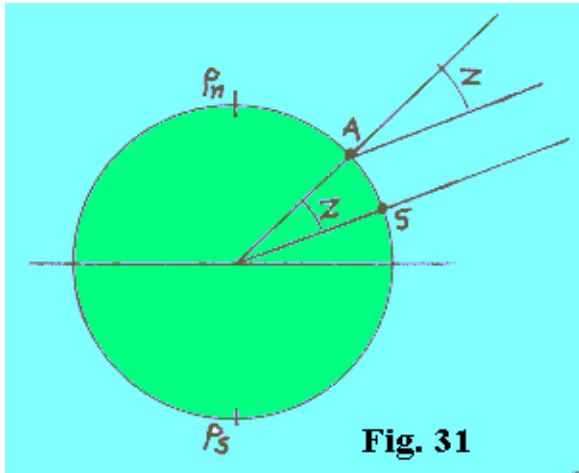


Fig. 31

Ad Aristarco di Samo (310 – 230 a.C.), in base ad una testimonianza di Archimede di Siracusa (287-212 a.C.), è riconosciuto il merito di avere enunciato per primo l'ipotesi eliocentrica, sostenendo che la Terra gira intorno al suo asse e percorre un'orbita circolare intorno al Sole; ipotizzò che l'asse di rotazione terrestre fosse inclinato rispetto all'orbita della terra, provocando l'alternarsi delle stagioni. Intuì inoltre che le stelle fisse si dovevano trovare a distanze enormemente maggiori del diametro dell'orbita terrestre, dato che non si osservava un loro movimento apparente (movimento di parallasse) rispetto alla terra; le teorie di Aristarco, in contraddizione con la cosmologia aristotelica, non furono accettate dai suoi contemporanei, che lo cacciarono da Samo. Dei suoi scritti rimane il trattato "Sulle dimensioni e distanze del Sole e della Luna".

diametro del Sole è di 1 392 000 km.

Eratostene (276-194 a.C.), bibliotecario di Alessandria, misurò per primo la circonferenza della terra (che considerava sferica), basandosi sull'ipotesi che i raggi del sole arrivassero paralleli sulla terra, data la grande distanza; conoscendo la distanza tra le due città di Siene (Assuan) e di Alessandria (787,5 km), misurò nelle due località la differente altezza del sole sull'orizzonte nel solstizio d'estate, sulla base della diversa lunghezza dell'ombra di uno gnomone posto nei due siti. (90° a Siene, 83° ad Alessandria, con una differenza di 7°) e ottenne per la circonferenza terrestre il valore di 40.009 km.

Ipparco calcolò la distanza della Luna mediante eclisse totale ad Alessandria, parziale in Ellesponto. Aristotele sosteneva, ritenendo che la Luna fosse

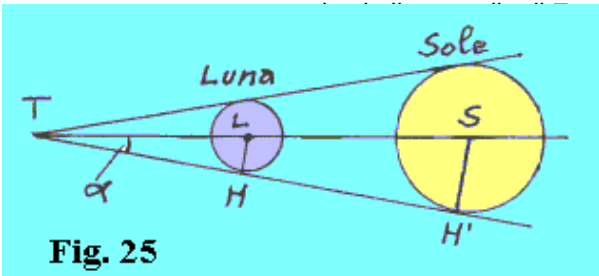
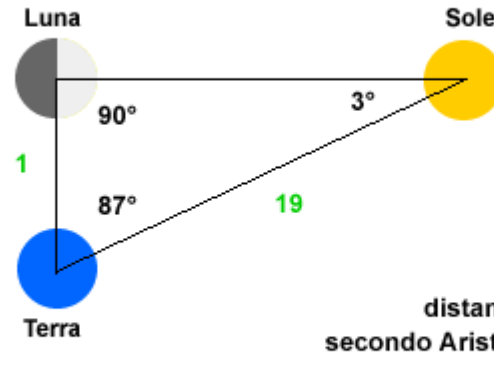


Fig. 25



iponto

alore oggi conosciuto di 384.000 km.

distanza Terra-Sole secondo Aristarco di Samo
www.okpedia.it

La Caduta di Costantinopoli 1453



a Costantinopoli si era continuati a coltivare la tradizione greco-latina, mentre in Europa occidentale il Medioevo aveva contraddistinto anni in cui la cultura occidentale aveva perso parte delle sue radici. In Europa orientale si conosceva ancora il greco: man mano che gli studiosi bizantini lasciano le proprie città per paura dei Turchi e si trasferiscono soprattutto in Italia (in buona parte erano ecclesiastici, restano in Italia, in cui si diffondono i miti di Platone e Aristotele, di cui in Occidente circolavano delle traduzioni latine incomplete, mentre loro avevano i testi greci, ben più ricchi; questi studiosi bizantini insegnano il greco agli Italiani: perciò Voltaire può affermare che «le belle lettere» scappano da Costantinopoli e vanno in Italia, perché questo è senz'altro uno dei fattori all'origine dell'Umanesimo e del Rinascimento, cioè della rinascita degli studi classici nell'Europa del '500.

Sole

Raggio: 695.700 km

Diametro (all'equatore): circa 1.391.400 km

Terra

Raggio: 6371 km

Diametro: circa 12.750 km

Luna

Raggio: 1737 km

Diametro: circa 3480 km

Giove

Raggio: 69911 km

Diametro: circa 142.984 km

Il diametro del Sole è circa **110 volte quello della Terra**. La superficie del sole è il quadrato d

Il diametro del Sole è circa **400 volte quello della Luna**. La superficie del sole è circa 160.00

Il diametro del Sole è circa **10 volte quello di Giove**. La superficie del sole è circa 100 volte l

Leggi anche:





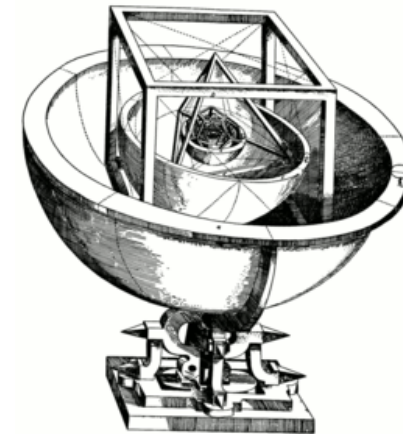
Nicola Copernico 1473 - 1543



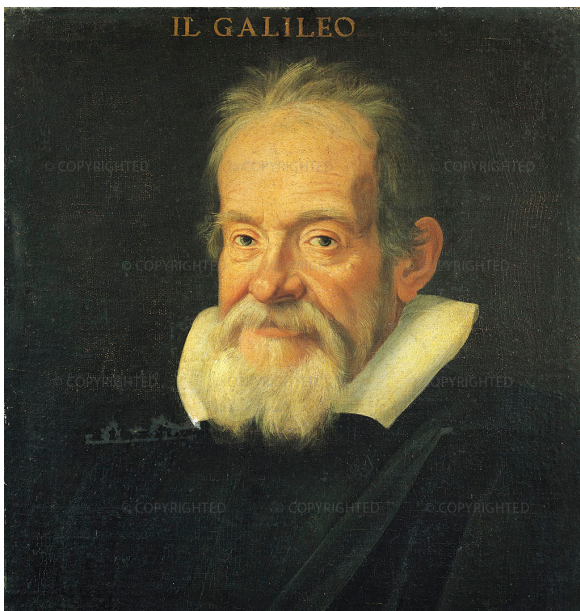
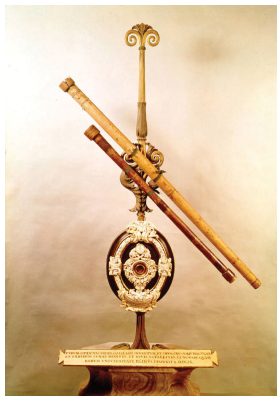
Tyko Brahe 1546 – 1601



Isaac Newton 1642-1727



Giovann Keplero 1571 – 1630



Galileo Galilei 1564- 1642

Leonardo e Galileo



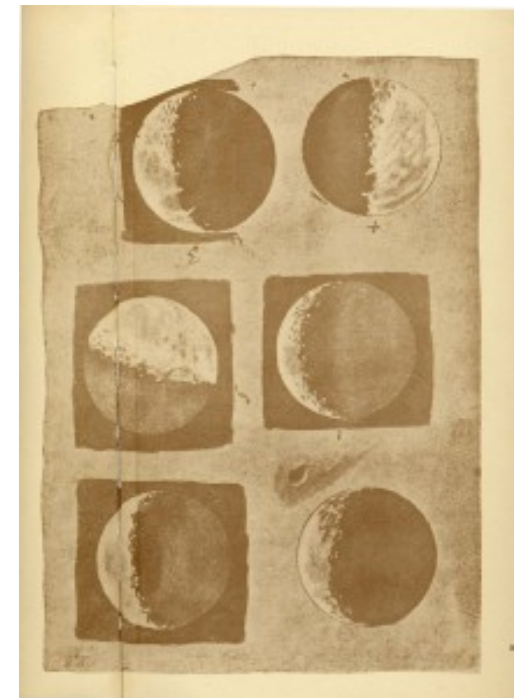
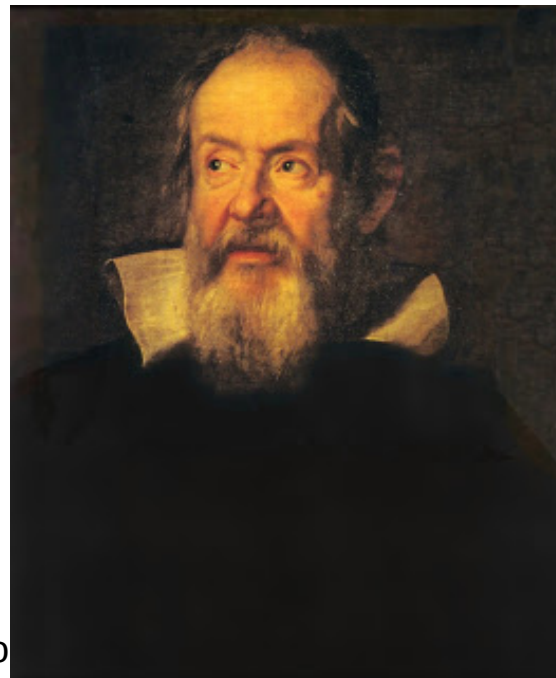
"non mi legga, chi non è matematico, nelli mia principi. [...] Chi biasima la somma certezza della matematica, si pasce di confusione e mai porrà silentio alle contraditioni delle sofistiche scientie con le quali s'impara uno eterno gridare".

Libro di Pittura (IV, f.14r)

" Nissuna umana investigazione si può dimandare vera scienza, se essa non passa per le matematiche dimostrazioni; e l'investigazione non avrà fundamenta di verità se non nasce dall'esperienza, senza la quale nulla dà di sè certezza" (Libro di Pittura §11)

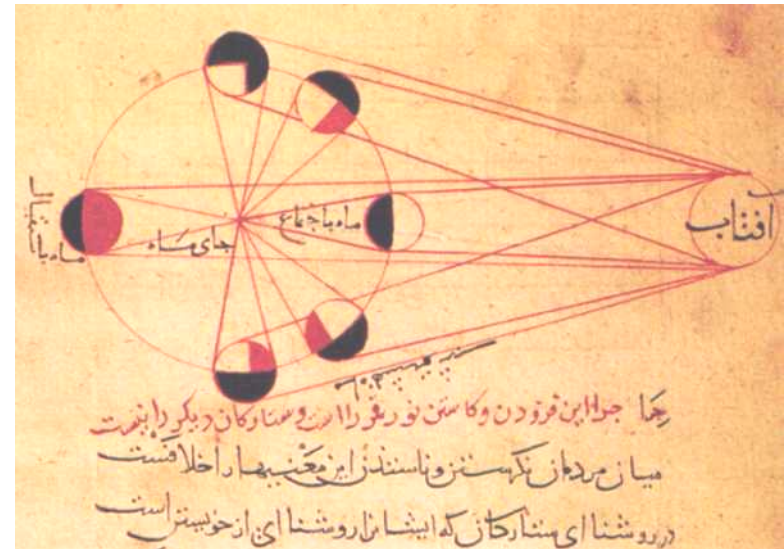
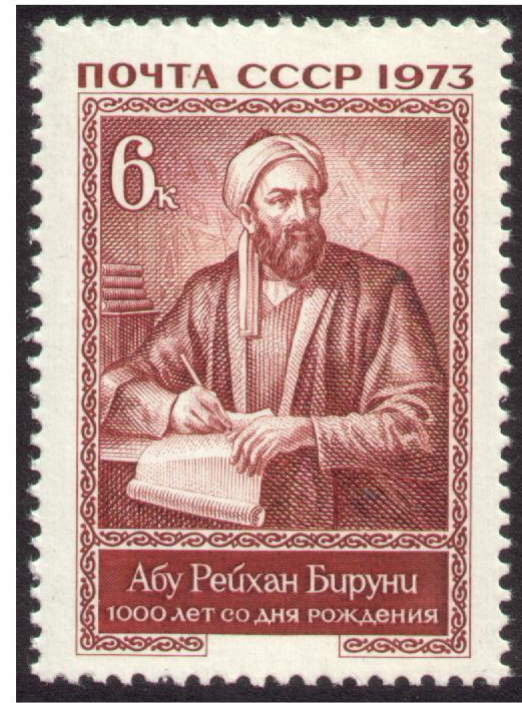
"...tra le sicure maniere di conseguire la verità è l'anteporre l'esperienza a qualsivoglia discorso, non sendo possibile che una sensata esperienza sia contraria al vero..."

"La filosofia naturale è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi, io dico l'universo, ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua e conoscer i caratteri nei quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto." Galileo Galilei, *Il Saggiatore* (1624)



al-Biruni

(Abu Raihan Muhammad Ibn Ahmad Al-Biruni - Uzbekistan 973-1048)



La Caduta di Costantinopoli 1453



na delle linee di commercio con l'Oriente essenziali all'Europa passava per i porti del Medio Oriente, controllate dall'Impero bizantino; ottomani musulmani occupano quelle terre si sarebbe dovuti quelle merci: quando Costantinopoli cade non ci sono più porti orientali che non siano in mano agli Ottomani. All'inizio dell'età moderna il Mediterraneo è ancora fulcro dell'economia europea: è da lì che passano i grandi commerci dai porti del Medio Oriente.

a Costantinopoli si era continuati a coltivare la tradizione greco-latina, mentre in Europa occidentale il Medioevo aveva contraddistinto anni in cui la cultura occidentale aveva perso parte delle sue radici. In Europa orientale si conosceva ancora il greco: man mano che gli studiosi bizantini lasciano le proprie città per paura dei Turchi e si trasferiscono soprattutto in Italia (in buona parte erano ecclesiastici, restano in Italia, in cui si diffondono i miti di Platone e Aristotele, di cui in Occidente circolavano delle traduzioni latine incomplete, mentre loro avevano i testi greci, ben più ricchi; questi studiosi bizantini insegnano il greco agli Italiani:

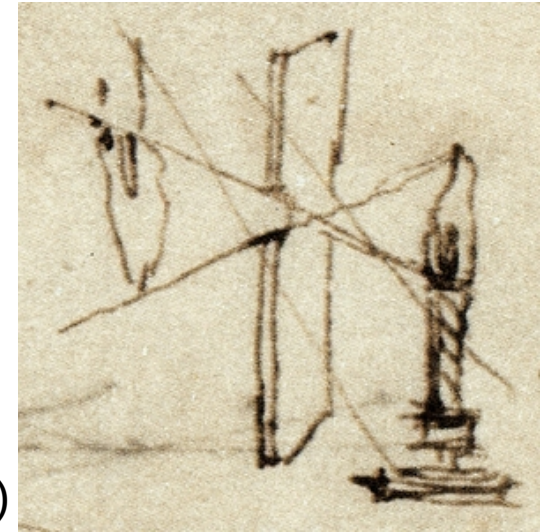
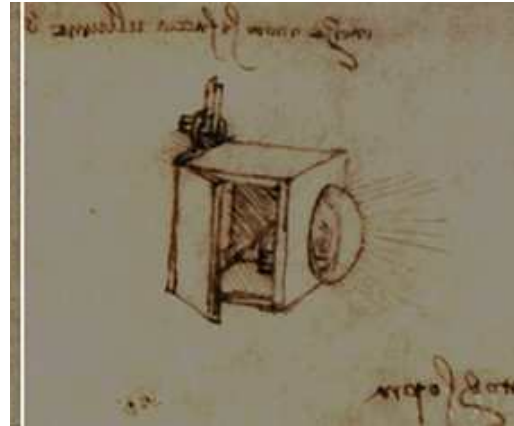
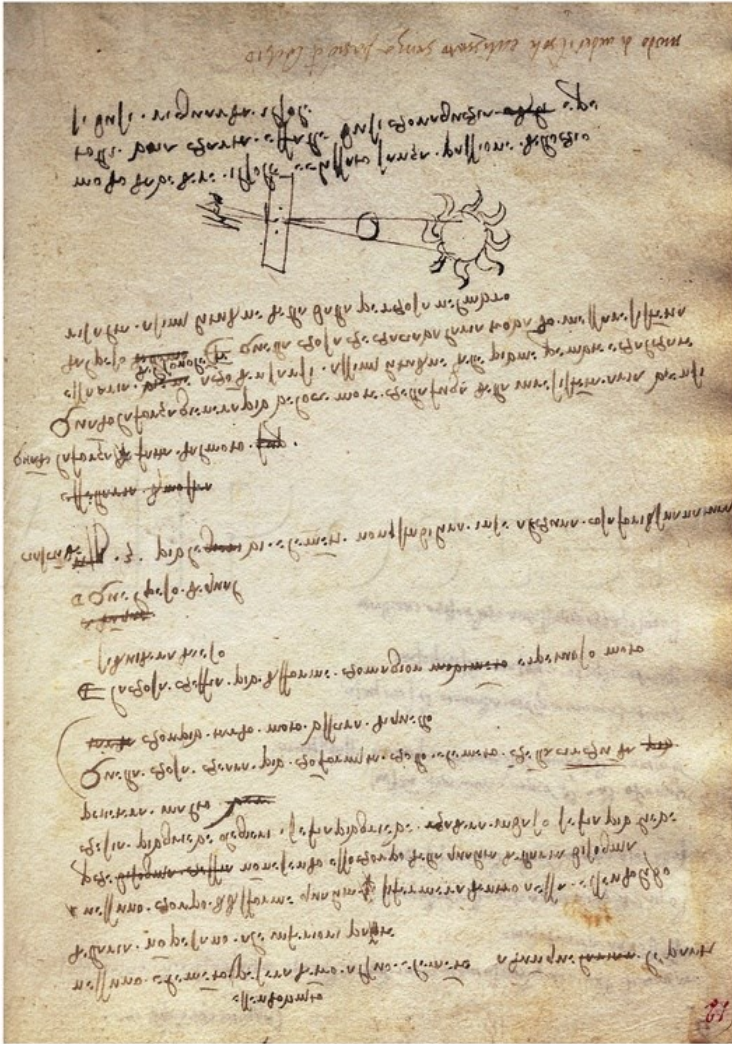
per le «belle lettere» scappano da Costantinopoli e vanno in Italia, perché questo è senz'altro uno dei fattori all'origine dell'umanesimo e della rinascita degli studi classici nell'Europa del '500.

Di rilevante importanza è inoltre il contributo al dibattito scientifico in campo matematico e astronomico dovuto alla presenza in Italia, tra il 1461 e il 1467 del grande astronomo tedesco Johannes Müller (1436-1476), il Regiomontano¹⁸, che frequenta gli ambienti culturali di Roma, Ferrara, Padova, Venezia, accompagnando il Cardinale Bessarione, per completare la riforma dell'Almagesto di Tolomeo, iniziata da Georg von Peurbach (1423-1461) (Malpagotto 2008). **L'invenzione della stampa a caratteri mobili nel 1447 contribuì ulteriormente all'accessibilità e alla diffusione dei testi scientifici (lo stesso Regiomontano installò una stamperia a Norimberga).**

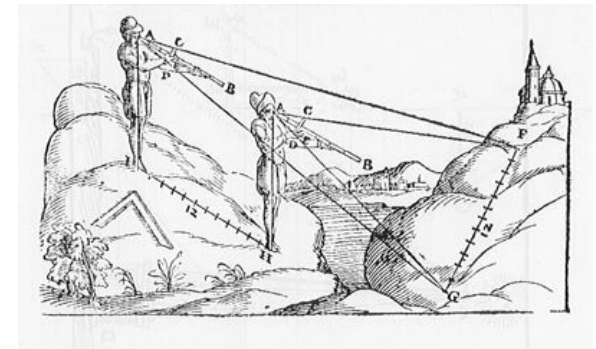
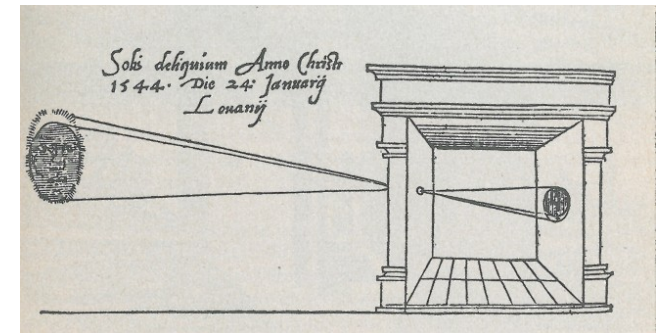
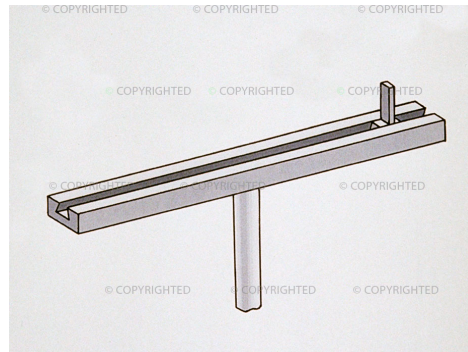
Leonardo è quindi testimone dell'emergere, nel corso del Quattrocento, di una nuova concezione del sapere, che combatte il dogmatismo e ogni concezione elitaria della conoscenza;

(nel 1496 il giovane **Copernico** studiava a Bologna, nel 1500 lo si trova a Roma dove tiene una conferenza sui temi astronomici, poi a Padova, infine a Ferrara dal 1503 al 1506 (Vasoli 1975): chissà se aveva sentito parlare dell'eclettico artista fiorentino..)

osservazione del sole



Oculus artificialis (Camera oscura)

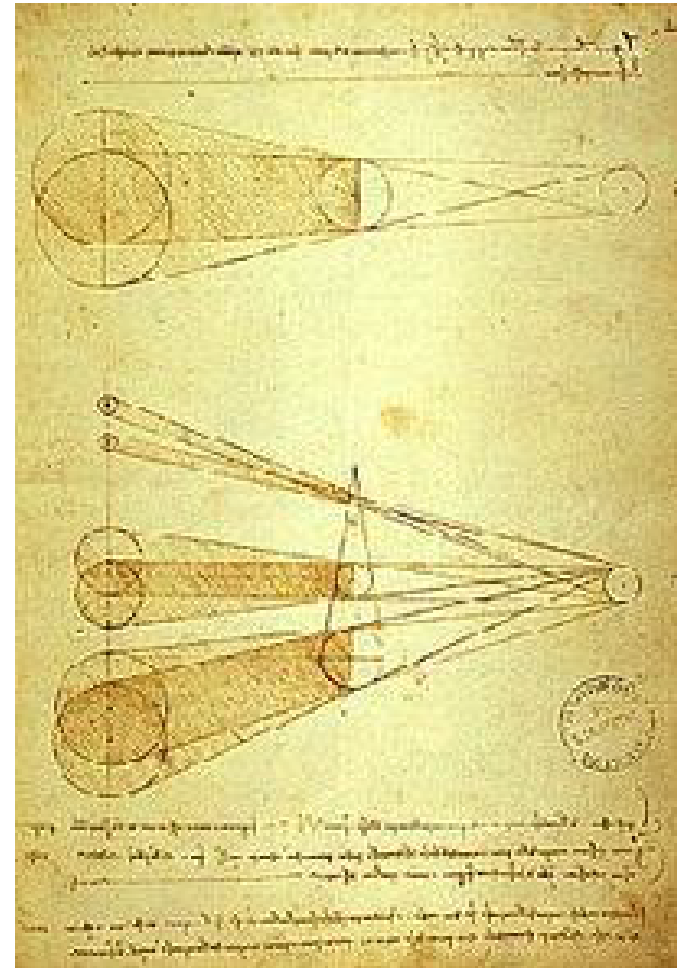
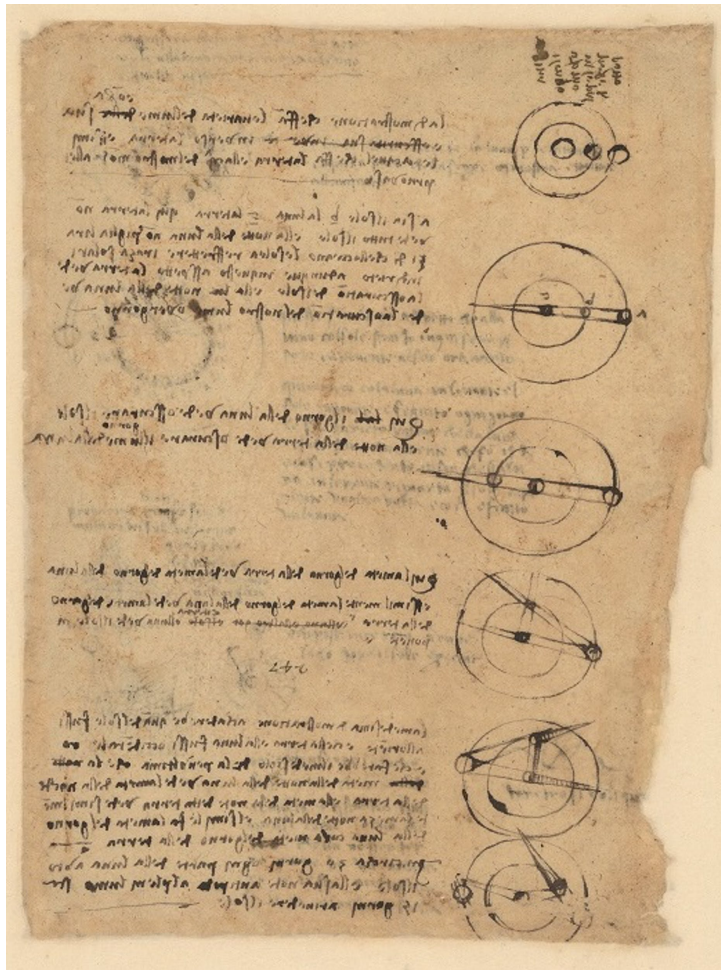


cerca informazioni sulla grandezza del sole

«La misura del sole promissami da maestro Giovanni Franzese»

(CA f. 611r) forse identificabile con Jean de Paris (Solmi 1908, rist 1976)

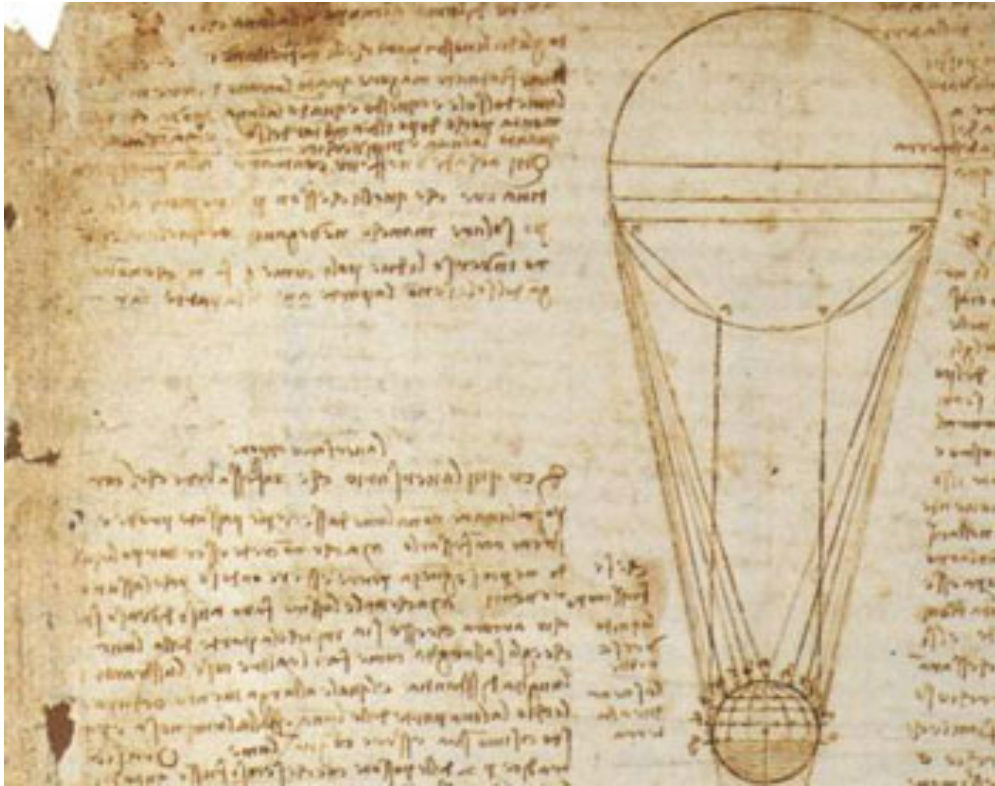
e vuole sviluppare un proprio metodo, come dimostrano i numerosi disegni in cui sono rappresentate le posizioni reciproche di Terra, Luna e Sole;



“Dicano che 'l sole non è caldo, perché non è di colore di foco, ma è molto più bianco e più chiaro.

E a questi si po' rispondere che quando il bronzo è liquefatto è più caldo, esso è più simile al color del sole e quand'è men caldo, ha più color del foco”

Le Soleil ne bouge pas



Lalde del Sole

El suo lume allumina tutti li corpi celesti , che per l'universo si compartono, tutte l'anime discendon da lui, perché il caldo ch'è in nelli animali vivi, vien dall'anime, e nessun caldo né lume è nell'universo, come mosterrò nel quarto libro

il nostro mondo, che parrebbe simile a una minima stella, la qual pare un punto nell'universo;

Il sole non vide mai nessun ombra. Il sole non si move”

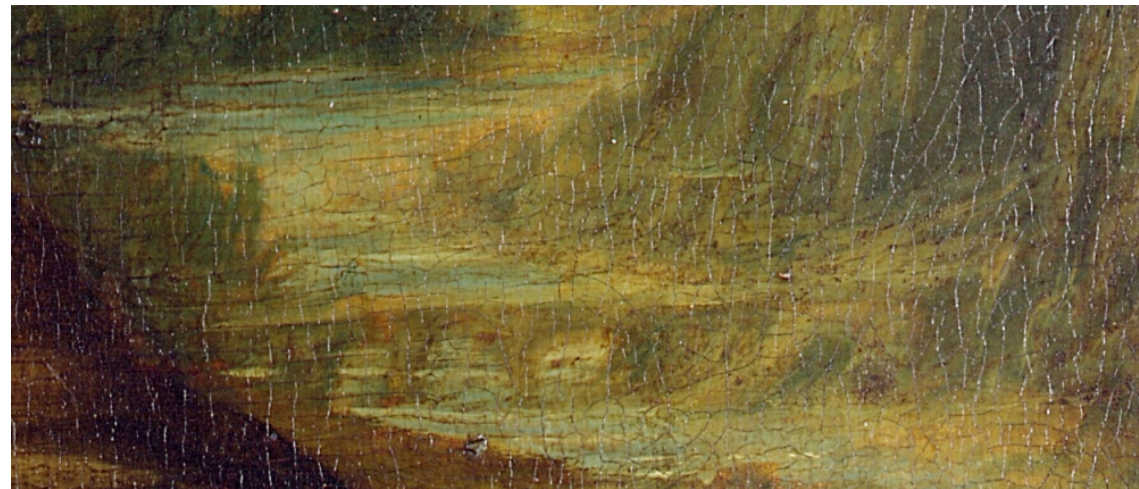
(Codice F, 4v-5r) .



Disegno su carta di Leonardo da Vinci.
Studio di variazione litologica verticale delle
rocce del Valdarno. (Windsor)



Osservare la Terra





De la Science et de l'Experience

Nissuna umana investigazione si può dimandare vera scienza, s'essa non passa per le matematiche dimostrazioni», restando fermo il principio per il quale «se tu dirai che le scienze, che principiano e finiscano nella mente, abbiano verità, questo non si concede, ma si nega, per molte ragioni; e prima, che in tali discorsi mentali non accade sperienza, senza la quale nulla dà di sé certezza».

Io credo che invece che definire che cosa sia l'anima, che è una cosa che non si può vedere, molto meglio è studiare quelle cose che si possono conoscere con l'esperienza, poiché solo l'esperienza non falla. E laddove non si può applicare una delle scienze matematiche, non si può avere la certezza. »

«la natura è costretta dalla ragione della sua legge, che in lei infusamene vive» e «nessuno effetto è in natura senza ragione; intendi la ragione e non ti bisogna sperienza»,

E se noi dubitiamo della certezza di ciascuna cosa che passa per i sensi, quanto maggiormente dobbiamo noi dubitare delle cose ribelli ad essi sensi, come dell'essenza di Dio e dell'anima e simili, per le quali sempre si disputa e contende. E veramente accade che sempre dove manca la ragione suppliscono le grida, la qual cosa non accade nelle cose certe»

Il contributo di Leonardo a quasi tutte le discipline scientifiche fu decisivo: anche in astronomia ebbe intuizioni fondamentali, come sul calore del Sole, sullo scintillio delle stelle, sulla Terra, sulla Luna, sulla centralità del Sole, Ma nei suoi scritti si trovano anche esempi che mostrano la sua capacità di rendere in modo folgorante dei concetti difficili; a quel tempo si era ben lontani dall'aver formulato le leggi di gravitazione, ma Leonardo già paragonava i pianeti a calamite che si attraggono vicendevolmente, spiegando così molto bene il concetto di attrazione gravitazionale

Leonardo Da Vinci era affascinato dai colori, la cosa che lo colpiva maggiormente era l'effetto che aveva l'atmosfera sui colori dei soggetti più distanti. Una delle teorie pittoriche affinate da Leonardo Da Vinci è l'"Inazzurrimento dei lontani" che consiste nell'aumentare la percentuale di Ciano nei soggetti terzo piano (montagne) per dare una maggiore illusione di profondità nelle opere. Questo effetto è dato dalla sovrapposizione dei vari strati dell'atmosfera che dona una colorazione sempre più azzurrina man mano che l'occhio umano si allontana dai soggetti in primo piano. Da Vinci non fu il primo ad accorgersi di questo ma fu il primo a registrare calcoli e spiegare tecniche per rendere questo effetto nella pittura.

Osservare la Terra

Anche rispetto al nostro pianeta, le idee di Leonardo non sono convenzionali; infatti ipotizza la rotazione della terra sul suo asse, riprendendo le idee di Nicola Oresme (Ms.G ff. 54v-55r, ca.1510-15);
in un'altra affermazione, espressa con sorprendente sicurezza, da un lato spodesta la terra dalla sua posizione privilegiata:

“Come la terra non è nel mezzo del cerchio del sole né nel mezzo del mondo, ma è ben nel mezzo de' suoi elementi, compagni e uniti con lei [...]” (Ms. F, f. 41 v)

dall'altro la assimila alla luna e alle stelle:

“Nel mio libro mi propongo di dimostrare come gli oceani e gli altri mari, per mezzo del Sole, possano rendere il nostro mondo luminoso come la luna, e dai mondi più lontani, esso possa apparire come una stella; e questo posso provarlo”. (Codice Hammer, f. 2r)

Per analogia, Leonardo si spinge poi ad affermare che tutti gli astri che ci sono nell'universo, stelle e pianeti, sono costituiti dalla stessa materia, superando la separazione tra mondo terrestre e mondo celeste.

Oltre a riecheggiare la pluralità di mondi di Nicola Cusano²⁷(1401-1464), che respinge l'universo tolemaico finito e immutabile per un universo infinito pervaso da Dio, questo concetto è di grande modernità:

noi oggi sappiamo che tutto l'universo è costituito dagli stessi elementi, prodotti nei processi di fusione nucleare che avvengono nelle stelle

Earth rising

**“...chi stesse nella Luna, quand’ella insieme col Sole è sotto a noi,
questa nostra Terra coll’elemento dell’acqua parrebbe e farebbe
ofizio tal qual fa la Luna a noi”
(Ms. F, f. 41 v)**



**La mission Apollo 8, le premier tour
autour de la Lune. 24 dicembre 1968**

La celebre foto AS8-14-2383HR della NASA, scattata il 24 dicembre 1968 da William Anders, uno dei tre astronauti della missione Apollo 8, rappresenta la Terra, parzialmente in ombra, con in primo piano la superficie lunare.

Gli altri due componenti dell’equipaggio erano Frank Borman e James Lovell. Lovell



50 ans d'ès le débarquement sur la lune



Osservare la Luna

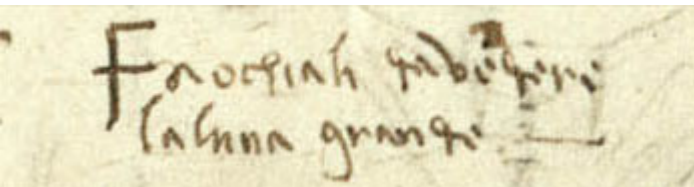


La Luna brilla di luce riflessa

Prendendo le distanze dalla cosmologia tradizionale che considerava la Luna come una perfetta sfera di cristallo, dotata di luce propria e trascinata lungo un'orbita circumterrestre incastonata in un orbe solido, Leonardo afferma che riceve la luce dal Sole.

Spiega inoltre la sua luminosità diffusa supponendo che i raggi solari colpiscano, riflettendosi in ogni direzione, le acque agitate dei vasti oceani che coprono gran parte della sua superficie.

Attribuisce infine le macchie scure che vi si osservano alla presenza di terre che emergono dalle acque. Perfetta gemella della Terra, la Luna per Leonardo è composta dai medesimi quattro elementi (fuoco, aria, acqua, terra) che gravitano intorno al suo centro.



Fa' occhiali da vedere la luna grande
Codice Atlantico, f. 518r

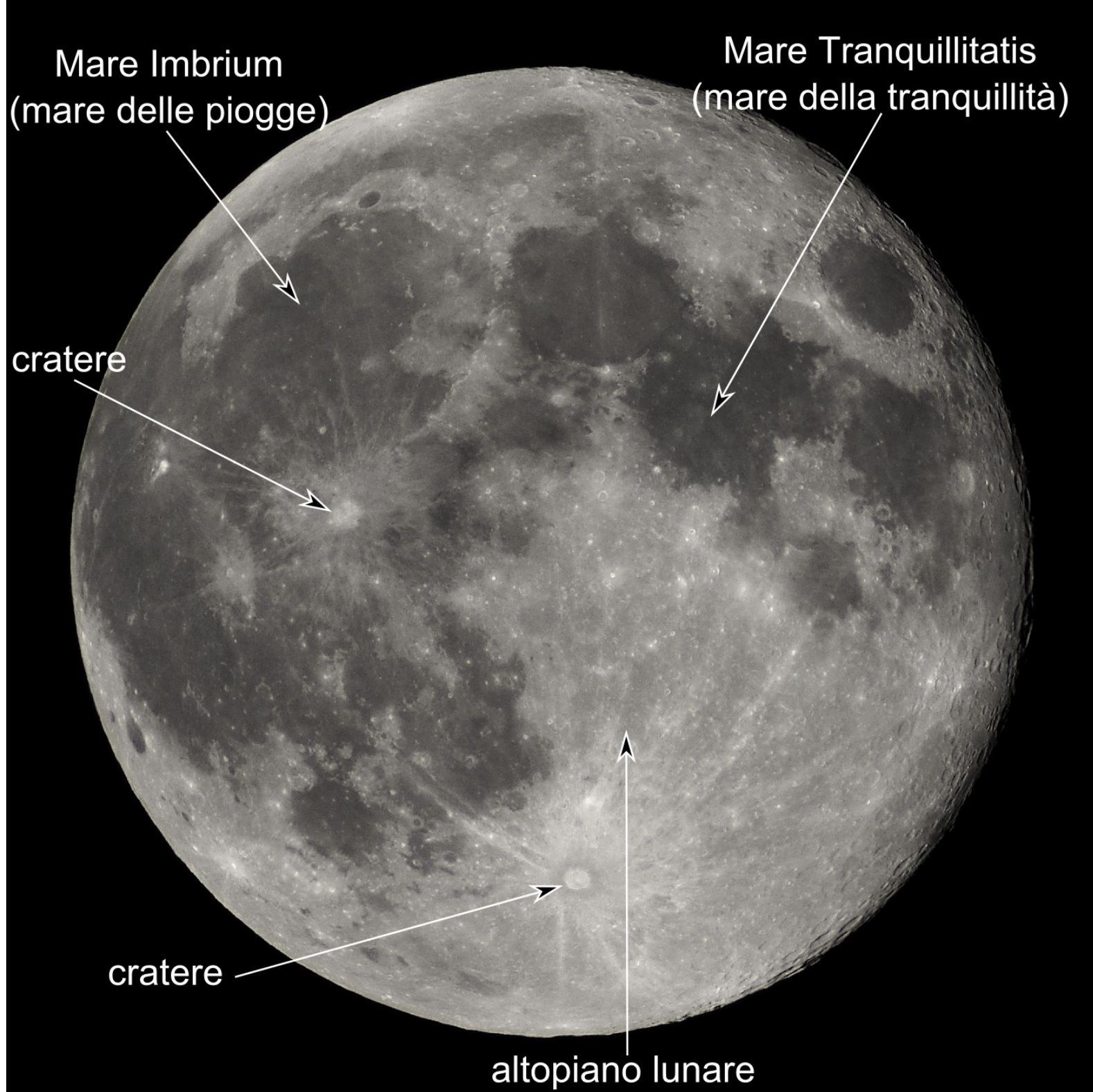
Mare Imbrium
(mare delle piogge)

Mare Tranquillitatis
(mare della tranquillità)

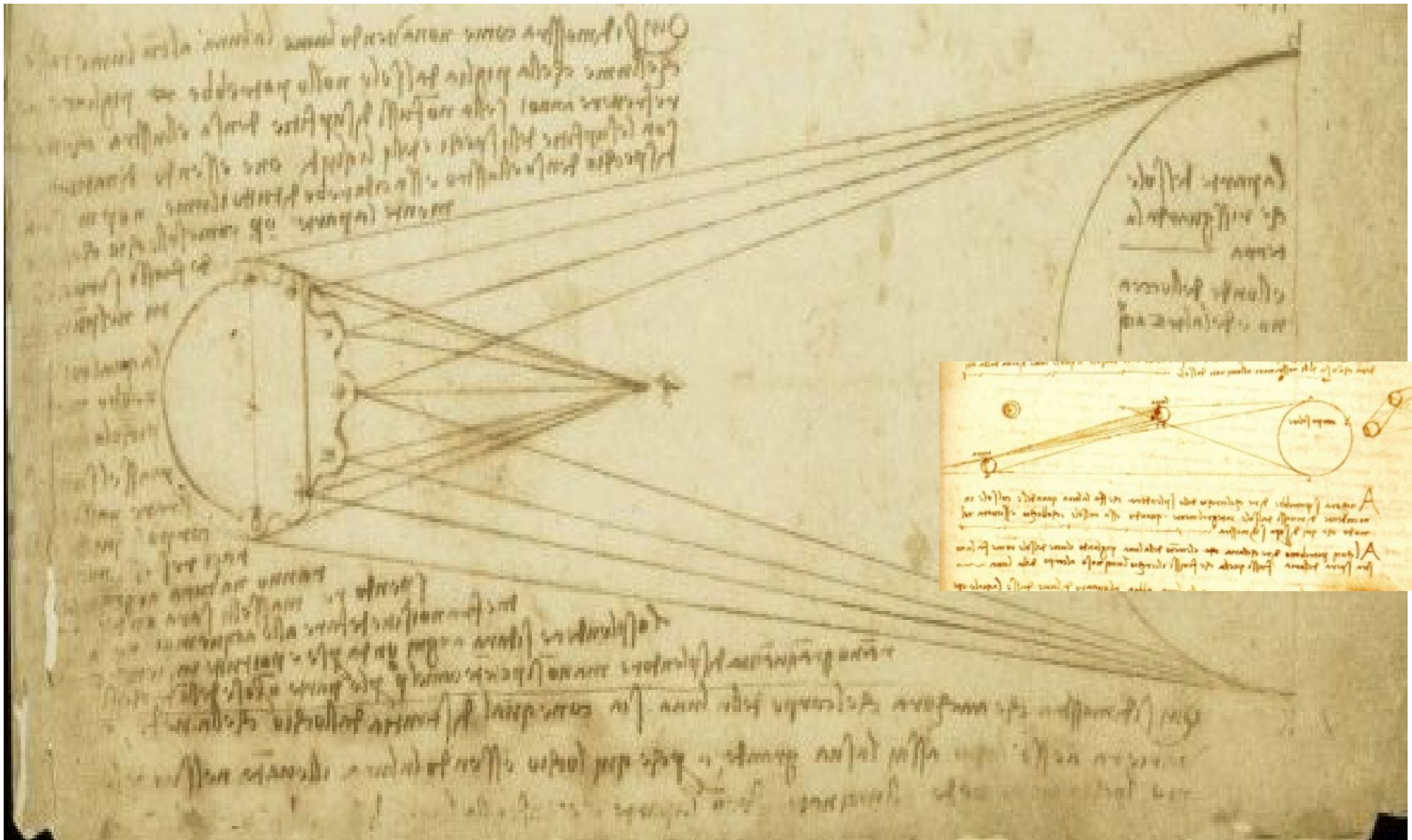
cratere

cratere

altopiano lunare



I Mari della Luna



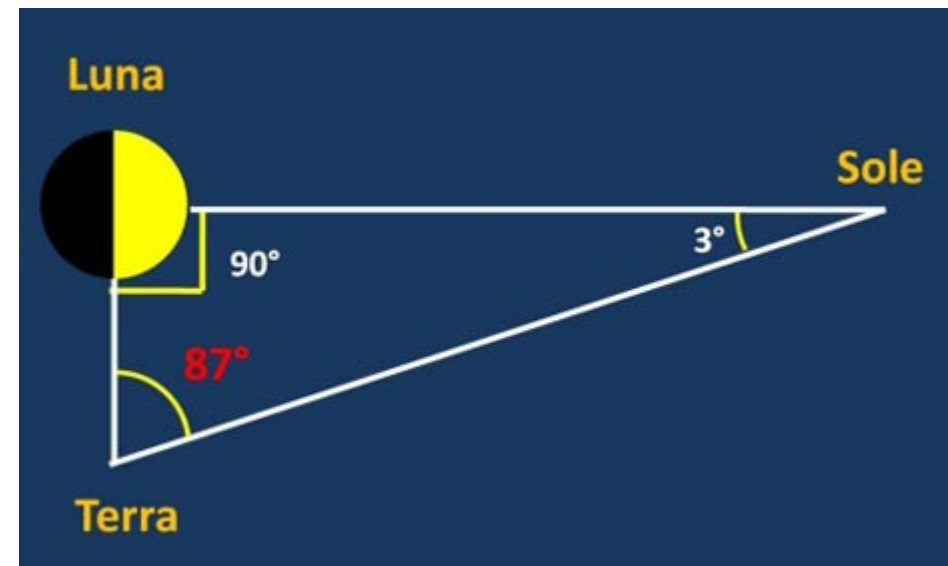
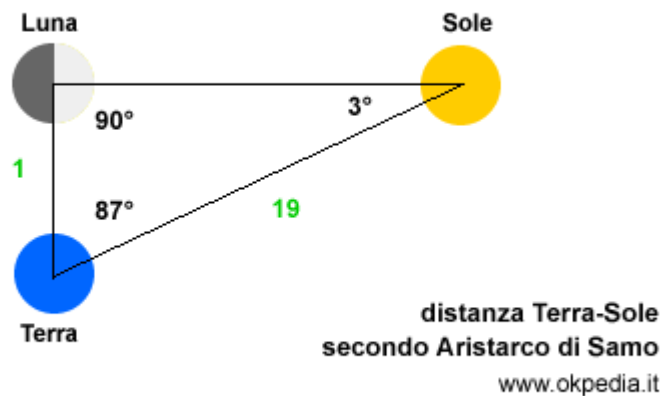
“ quante cose che con isperienza si possono chiaramente conoscere e provare , sono per tanti secoli ignorate o falsamente credute” (CA f. 117b)

anticipa sorprendentemente la frase di Friedrich Nietzsche (1844-1900)

“Ciò che distingue gli spiriti veramente originali non è essere i primi a vedere qualcosa di nuovo, ma di vedere come nuovo quello che già esiste, conosciuto da sempre, visto

Osservare il Sole

Aristarco di Samo, (310-230 a.c.), oltre a formulare la teoria eliocentrica, mette a punto un metodo -basato su rigorose proporzioni geometriche e sull'osservazione del sole e della luna quando sono in quadratura rispetto alla terra- per ricavare il rapporto tra le rispettive distanze; misurando poi il tempo impiegato dall'ombra della terra ad oscurare la luna durante le eclissi, cerca di valutare il diametro della luna; infine osserva che durante un' eclisse totale di sole, la luna e il sole hanno lo stesso diametro apparente.



La Misura della luna

(Questa grandezza era già stata calcolata con buona approssimazione da Ipparco di Nicea ne II secolo a.C.)

Basandosi sul principio ottico della riflessione diffusa dei raggi luminosi da una superficie irregolare,

Leonardo afferma che la luna non brilla di luce propria, ma è ricoperta da mari ondosì, che riflettono la luce del sole, a sua volta riflessa dalla terra (codice Hammer f.1r, f. 30 r e v, f. 36v)

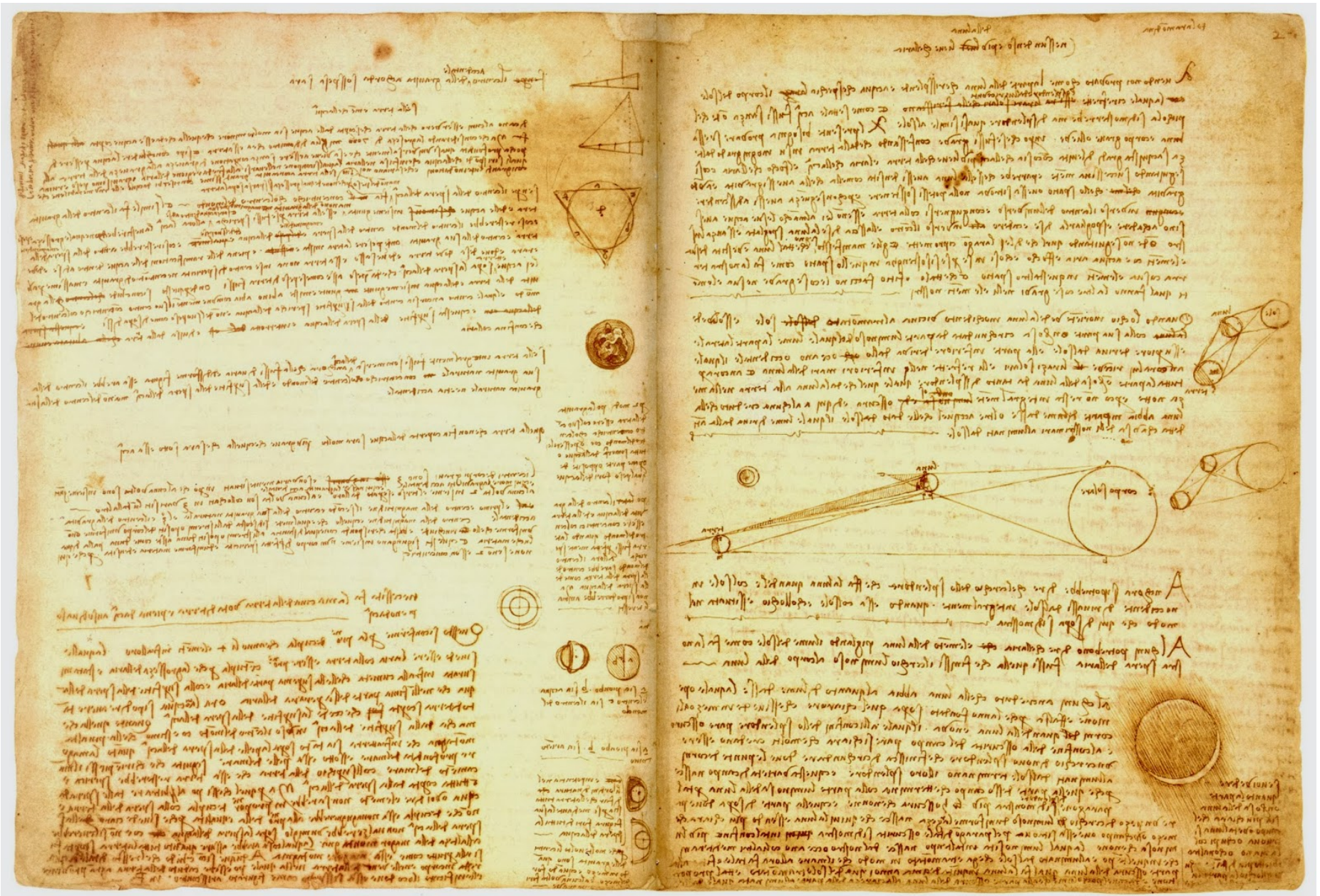
e ribadisce questa ipotesi in molti disegni e commenti, dagli schizzi appena abbozzati (CA f. 331v, 1504 ca., Ms. F f.77 v, 1508 ca.)

al raffinato disegno (Codice Hammer f.1r,1508-10) di Fig.3

Leonardo ci dà il primo disegno “scientifico” della luna, illustrando i suoi studi sulla “luce cinerea”; passeranno cento anni prima di poterlo confrontare coi disegni di Galileo nel *Sidereus Nuncius* (1610). La spiegazione del fenomeno è quasi del tutto corretta: la luce cinerea è dovuta alla riflessione della terra illuminata dal sole, che durante il novilunio illumina la parte in ombra della luna. (CA. 239b, 718b, 719b).

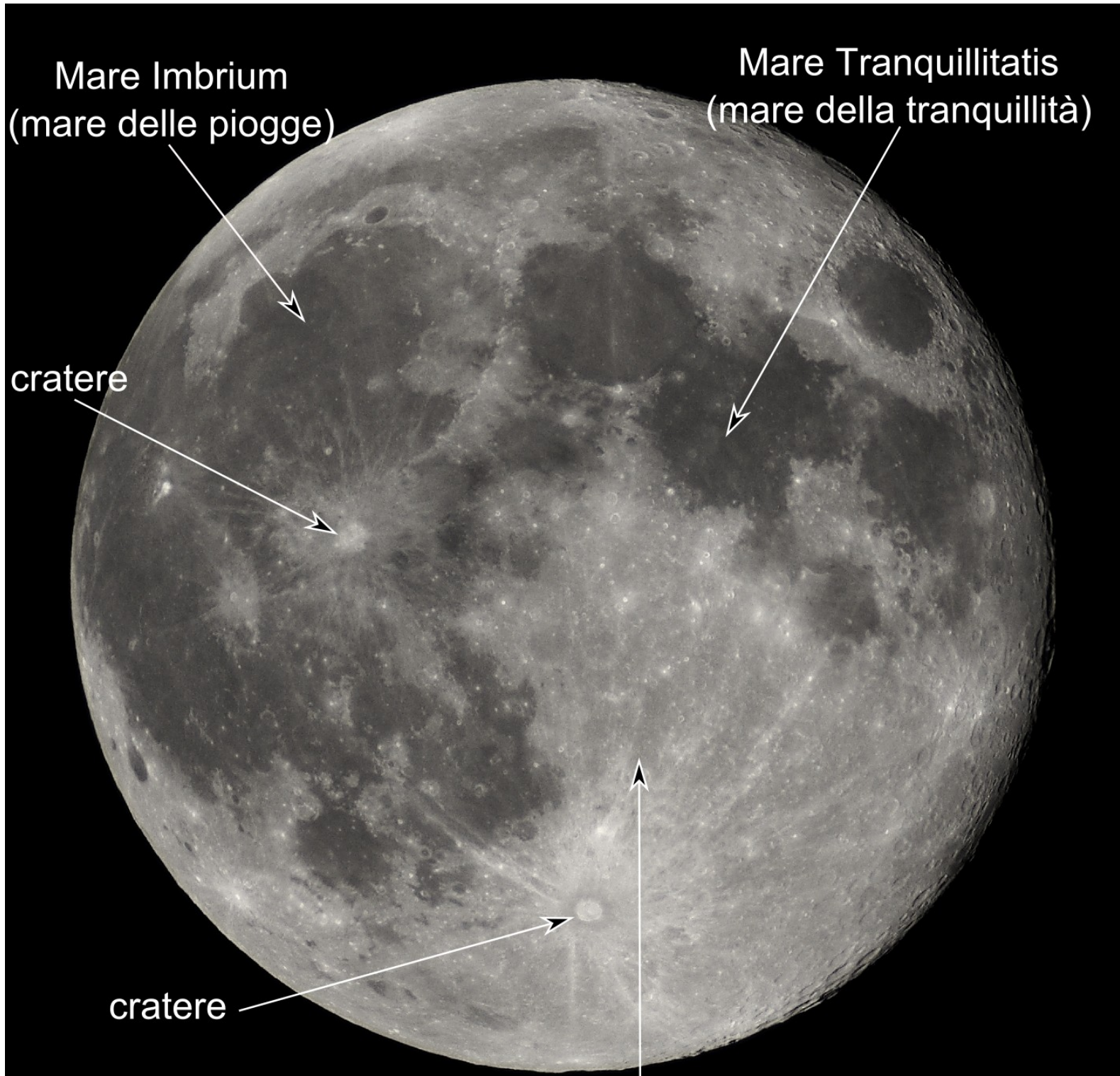
Leonardo suppone che la riflessione sia dovuta esclusivamente agli oceani terrestri (e poi trasferirà lo stesso principio a degli ipotetici oceani lunari), mentre oggi noi sappiamo che la riflessione terrestre è dovuta prevalentemente alla presenza delle nubi (50%), in parte alle terre emerse (10-25%), e solo per il 10% all’acqua degli oceani.

Il Lume Cinereo della Luna





Leonardo da Vinci *La Ferronière*
1490-1495 circa
olio su tavola 63×45 cm
Musée du Louvre, Parigi



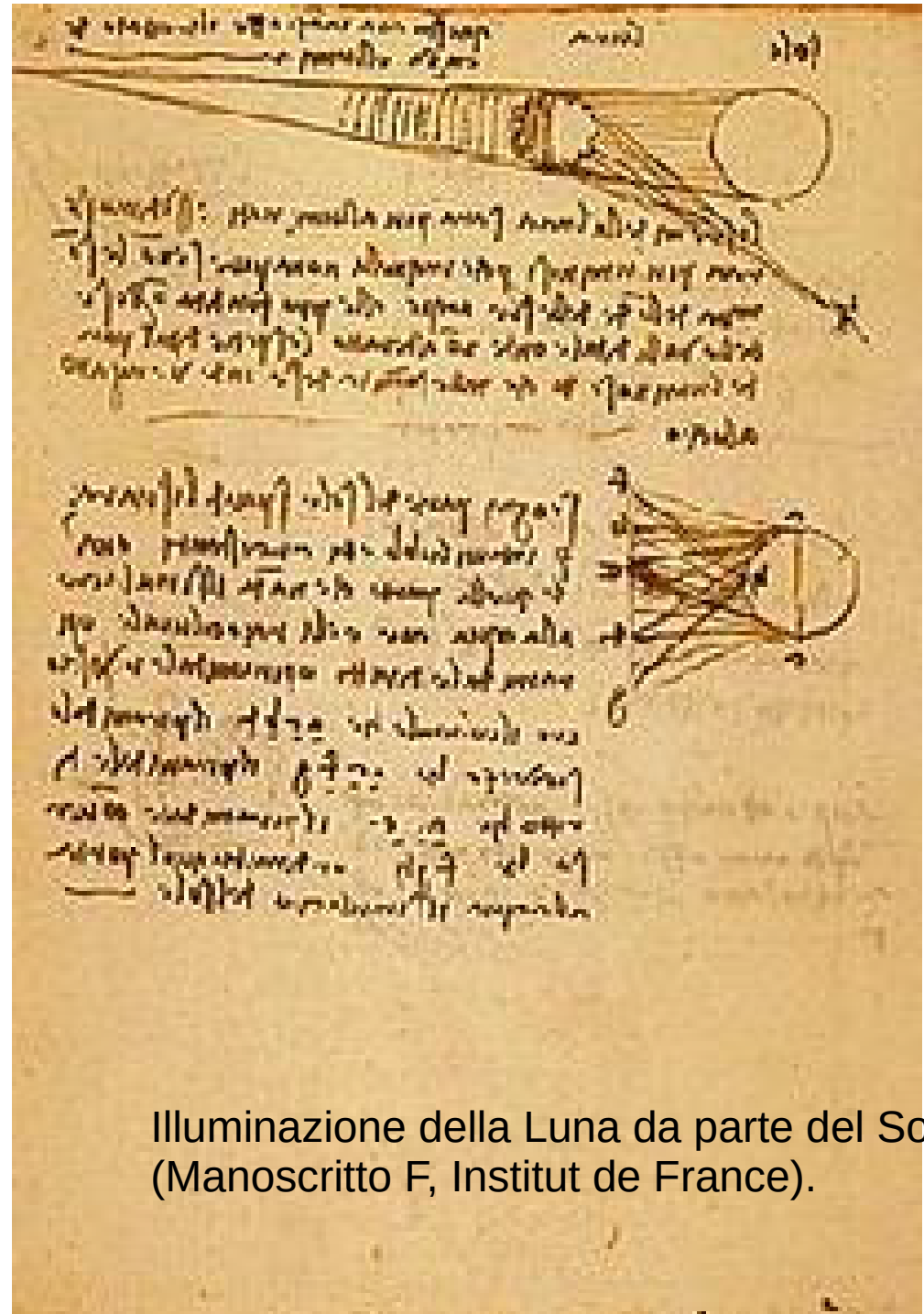
Mare Imbrium
(mare delle piogge)

Mare Tranquillitatis
(mare della tranquillità)

cratere

cratere





Illuminazione della Luna da parte del Sole (Manoscritto F, Institut de France).

Di certo fu Leonardo Da Vinci, verso la fine del 1400 a studiare e pubblicare nel 'Codice Atlantico' il principio ottico del foro stenopeico (dal greco antico stenòs = stretto e opè = foro), cioè di un piccolo foro che lascia passare un'immagine proiettata in una camera oscura:

“Dico che, se una faccia d'uno edificio o altra piazza o campagna che sia illuminata dal sole, avrà al suo opposto un'abitazione, e in quella faccia che non

vede il sole sia fatto un piccolo spiraculo retondo, che tutte le alluminate cose manderanno la loro similitudine per detto spiraculo e appariranno dentro all'abitazione nella contraria faccia...”.



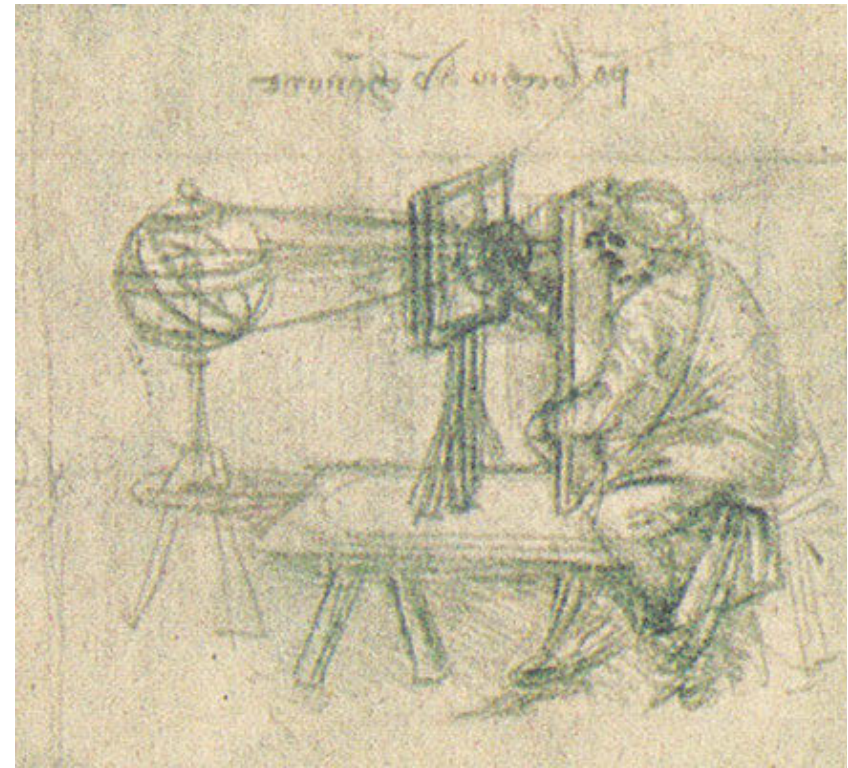
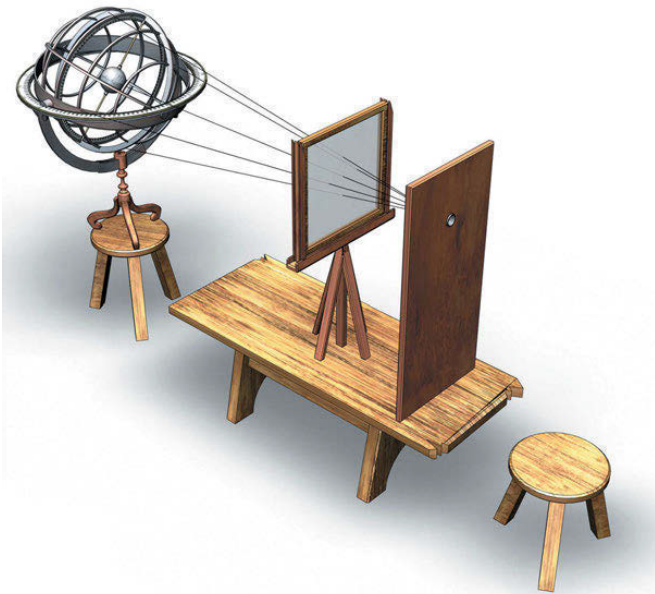
una delle chiese storiche o uno dei monumenti dotati di una «meridiana a camera oscura», cioè di un foro praticato in una cupola o in una parete, attraverso cui il Sole si proietta sul pavimento, lungo una linea oraria.

Progettate per indicare l'ora solare al tempo in cui non c'erano molti orologi, queste meridiane con foro gnomonico proiettano un disco solare fino a 20 o più centimetri di diametro, sul quale è possibile distinguere le grandi macchie, a patto di portarsi un foglio di carta bianca per raccogliere un'immagine più nitida di quella direttamente osservabile sul pavimento. Avendo a disposizione diametri solari così grandi è pure possibile osservare il transito di Venere davanti al disco del Sole. Fra i luoghi in cui effettuare queste interessanti osservazioni: il Duomo di Milano, San Petronio a Bologna, Santa Maria del Fiore a Firenze, Santa Maria degli Angeli a Roma, San Giorgio a Modica, la Cattedrale di Palermo e il Museo Archeologico di Napoli.

66 OBIETTIVO SCIENZA

Fig. 6. – Macchia solare in camera oscura realizzata a casa (Foto F. Foresta Martin





SOLE



LUNA



TERRA

