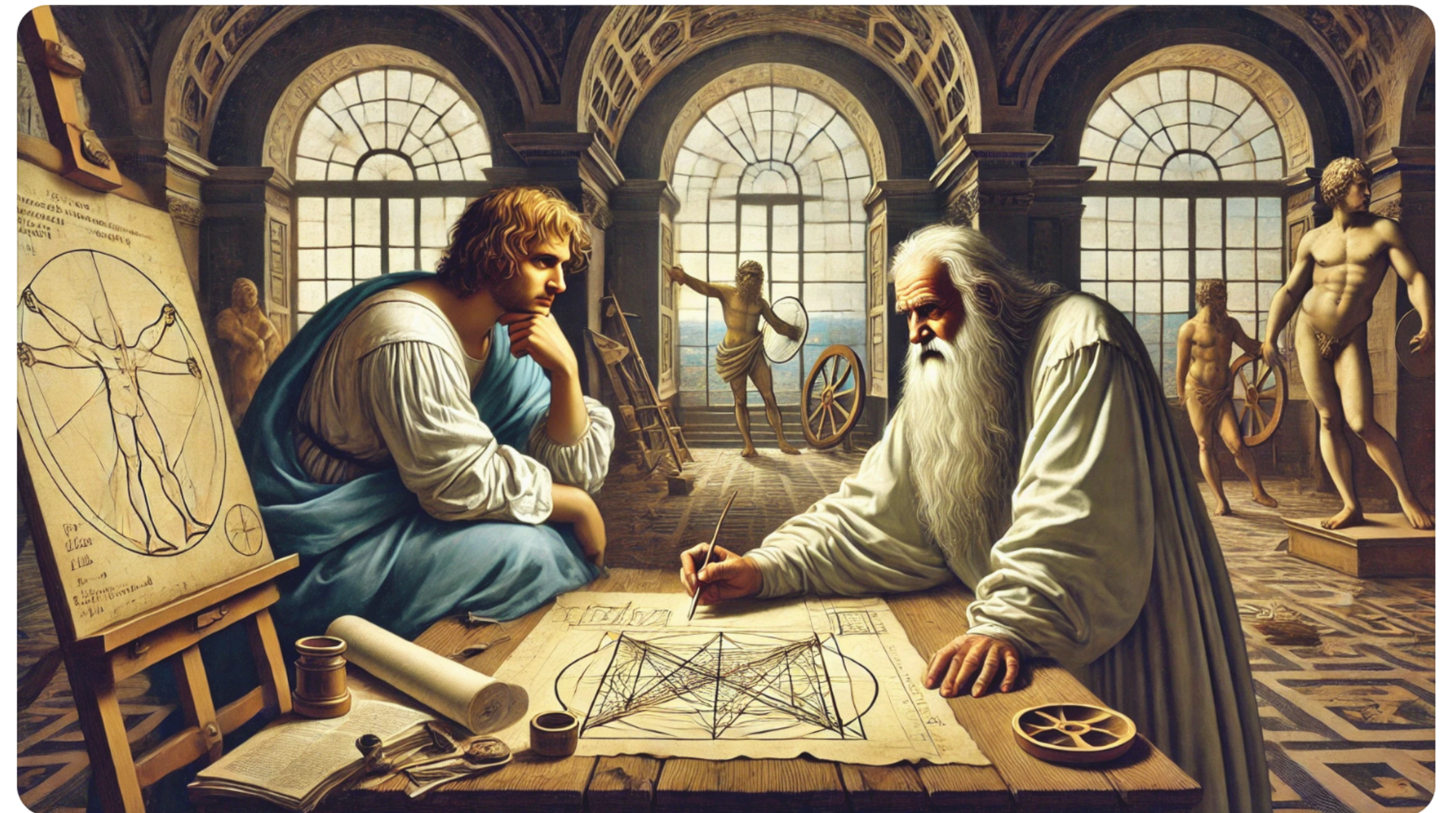


Da Archimede a Leonardo



Lezione di Storia delle Fisica ed Epistemologia del 6 marzo 2025 - Prof. A. Rapisarda

Archimede 287-212 a.C.

La scienza di Archimede ha influenzato grandemente il pensiero di Leonardo e Galileo nella sua evoluzione dalle istanze medioevali alle idee nuove dell'era rinascimentale e moderna.

Archimede ha scoperto importanti principi sia fisici che matematici, inventando ingegnosi strumenti e macchine che i difensori di Siracusa usarono per difendere la propria città dagli attacchi dei romani. Siracusa cadde infine per dissidio interno e fame.

Archimede può essere considerato il più grande scienziato dell'antichità

Fu un precursore del metodo scientifico poi sviluppato da Galilei che prese spunto proprio da lui



Archimede nasce a Siracusa (287 a.C. - 212 a.C.). Si pensa che il padre fosse un astronomo, da lui ereditò probabilmente il suo amore per gli studi scientifici. Studiò in Egitto alla scuola di Alessandria. Fu ucciso da un soldato romano durante il sacco di Siracusa del 212 a.C.

E' considerato uno dei più grandi matematici e inventori della storia. Le sue scoperte e invenzioni ed i suoi studi matematici hanno posto le basi per molti principi scientifici e tecnologici che influenzano ancora oggi la scienza moderna.

Archimede è un personaggio su cui esistono tante leggende.

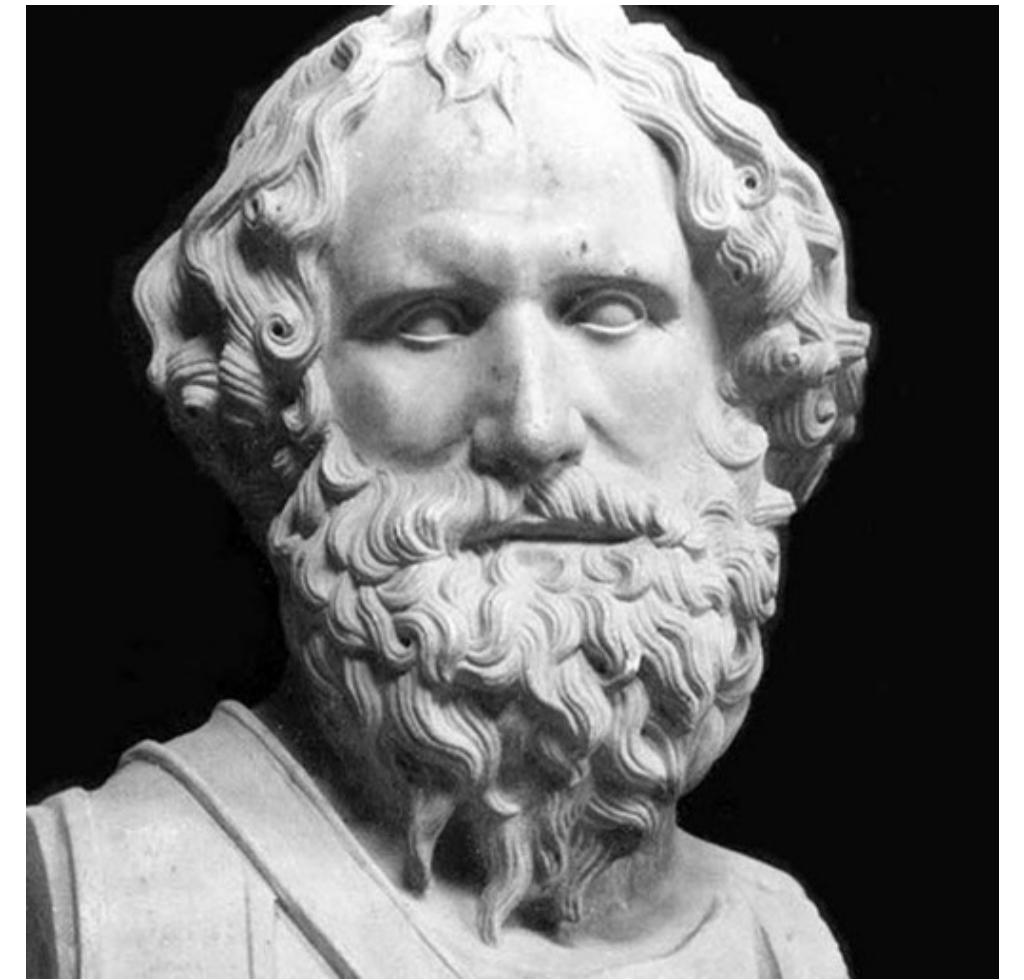
Nell'antichità Archimede e le sue invenzioni furono descritte con meraviglia e stupore dagli autori classici greci e latini, come Cicerone, Plutarco, Lucio Anneo Seneca.

Grazie a questi racconti nel tardo Medioevo e all'inizio dell'era moderna, vi fu un grande interesse per la ricerca e il recupero delle opere di Archimede, trasmesse e talvolta perdute durante il medioevo per via manoscritta.

Enorme impatto sulla nascita della Scienza Moderna

Le idee di Archimede hanno ispirato numerosi scienziati rinascimentali, come Galileo Galilei e Isaac Newton. I suoi metodi matematici hanno contribuito allo sviluppo del calcolo infinitesimale e delle moderne teorie della fisica.

Archimede non solo ha lasciato un segno indelebile nella matematica e nella fisica, ma ha anche posto le basi per molte delle tecnologie che usiamo oggi. Il suo approccio rigoroso alla scienza continua a essere un modello per ricercatori e inventori.



Alcuni dei principali contributi di Archimede

1. Principio di Archimede

- Archimede scoprì il principio del galleggiamento, noto come "Principio di Archimede", secondo cui un corpo immerso in un fluido riceve una spinta verso l'alto pari al peso del fluido spostato.
- Questo principio è fondamentale per la fluidodinamica e ha applicazioni in ingegneria navale e aeronautica.

2. Leve e Macchine Semplici

- Archimede studiò le leve, famosa la sua frase: *"Datemi un punto d'appoggio e solleverò il mondo"*.
- Sviluppò le leggi delle leve e contribuì a comprendere il funzionamento di macchine semplici come le carrucole.

3. Geometria e Matematica

- Archimede calcolò con grande precisione il valore approssimato di π (pi greco).
- Introdusse metodi che anticipano il calcolo integrale, utilizzando concetti di sommatoria per determinare aree e volumi di figure geometriche.

4. Idrostatica e Meccanica dei Fluidi

- Oltre al principio di Archimede, studiò la pressione nei fluidi e formulò teorie sulla spinta idrostatica.

5. Invenzioni Tecnologiche

- **Vite di Archimede**: un dispositivo utilizzato per sollevare acqua, impiegato ancora oggi in alcune applicazioni agricole.
- **Specchi ustori**: secondo la leggenda, Archimede avrebbe usato specchi concavi per concentrare la luce solare e incendiare le navi nemiche.

Archimede grande matematico e scienziato di Piergiorgio Odifreddi

<https://www.youtube.com/watch?v=9VkdFnfirvg>



- Archimede è un **curioso**, osserva natura, si pone delle domande e ne cerca la risposta in termini matematici per trovare poi eventualmente anche delle applicazioni pratiche.
- In questo senso pone le basi per il metodo scientifico poi ripreso e sviluppato prima da Leonardo e poi da Galilei

Principali opere matematiche

1. **Sulla sfera e il cilindro** – Studia le proprietà geometriche della sfera e del cilindro, dimostrando che il volume di una sfera è $2/3$ di quello del cilindro che la contiene.
2. **Sui corpi galleggianti** – Contiene il celebre principio di Archimede sulla spinta idrostatica.
3. **Sull'equilibrio dei piani** – Introduce il concetto di centro di gravità e getta le basi della statica.
4. **Misura del cerchio** – Dimostra che il rapporto tra la circonferenza e il diametro (π) è compreso tra $3 + 10/71$ e $3 + 1/7$.
5. **La quadratura della parabola** – Dimostra che l'area di una sezione parabolica è $4/3$ di quella del triangolo inscritto.
6. **L'Arenario** – Introduce un sistema per scrivere numeri molto grandi e calcola il numero massimo di granelli di sabbia che potrebbero riempire l'universo.
7. **Sui poligoni inscritti e circoscritti** – Studia le proprietà dei poligoni e il loro rapporto con il cerchio.

Il metodo di esaustione di Archimede

Il **metodo di esaustione** di Archimede è un procedimento matematico ideato per calcolare aree e volumi di figure geometriche complesse mediante l'approssimazione con figure più semplici. Questo metodo può essere considerato un precursore del calcolo integrale.

Come funziona il metodo di esaustione?

L'idea chiave è la seguente:

1. **Approssimazione progressiva:** si inscrivono e circoscrivono alla figura da studiare delle forme geometriche (come poligoni nel caso di una figura piana o solidi più semplici nel caso di un volume).
2. **Successive divisioni:** aumentando il numero dei lati (o delle sezioni) della figura approssimante, la differenza tra l'area (o il volume) della figura approssimante e quella reale si riduce sempre di più.
3. **Dimostrazione per assurdo:** si dimostra che la differenza tende a zero, esaurendo (da qui il nome) la differenza tra la figura reale e l'approssimazione.

Esempio: il calcolo dell'area del cerchio

Archimede utilizzò il metodo di esaustione per dimostrare che l'area di un cerchio è

$$A = \pi r^2$$

Egli approssimò il cerchio con poligoni regolari inscritti e circoscritti, aumentando progressivamente il numero dei lati. Con questo procedimento dimostrò che l'area del cerchio era compresa tra due limiti sempre più vicini a πr^2 fino a esaurire ogni differenza significativa.

Importanza storica

Il metodo di esaustione è uno degli strumenti più potenti dell'antichità e anticipa i concetti fondamentali del calcolo infinitesimale sviluppato da Newton e Leibniz molti secoli dopo. Questo metodo permetteva di ottenere risultati estremamente precisi senza il concetto moderno di limite, ma usando ragionamenti geometrici rigorosi.

La spirale di Archimede

Definizione:

- È la traiettoria di un punto che si muove con velocità costante lungo una semiretta, mentre questa ruota con velocità angolare costante attorno a un punto fisso (il polo).
- In termini più semplici, immagina un punto che si allontana da un centro mentre ruota attorno ad esso; la spirale di Archimede è la traccia che questo punto lascia.

Equazione:

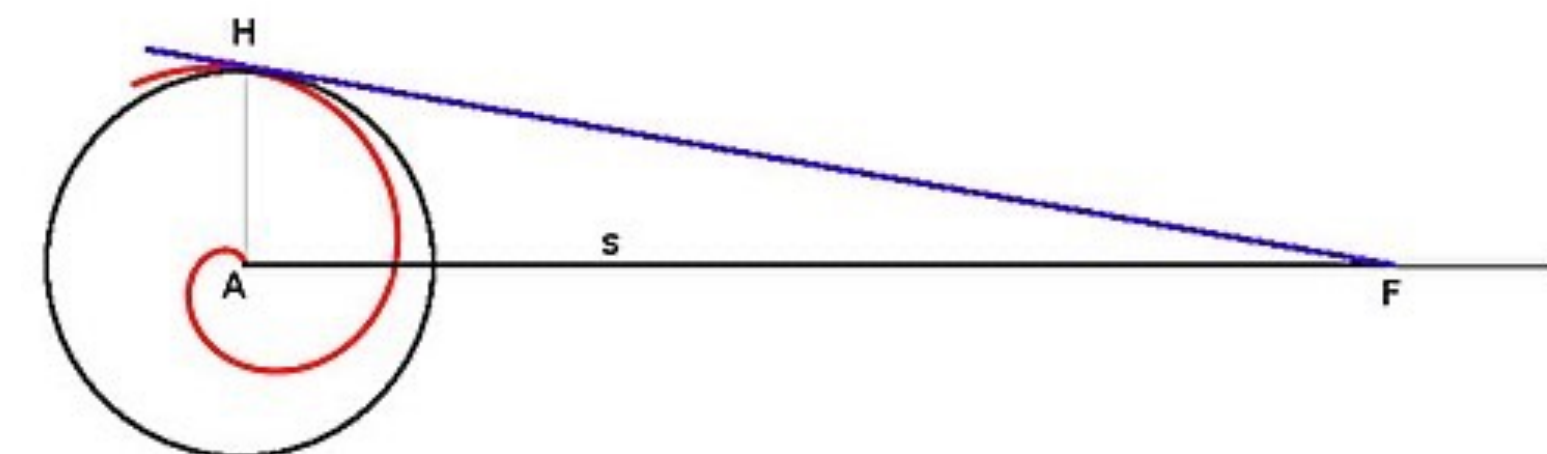
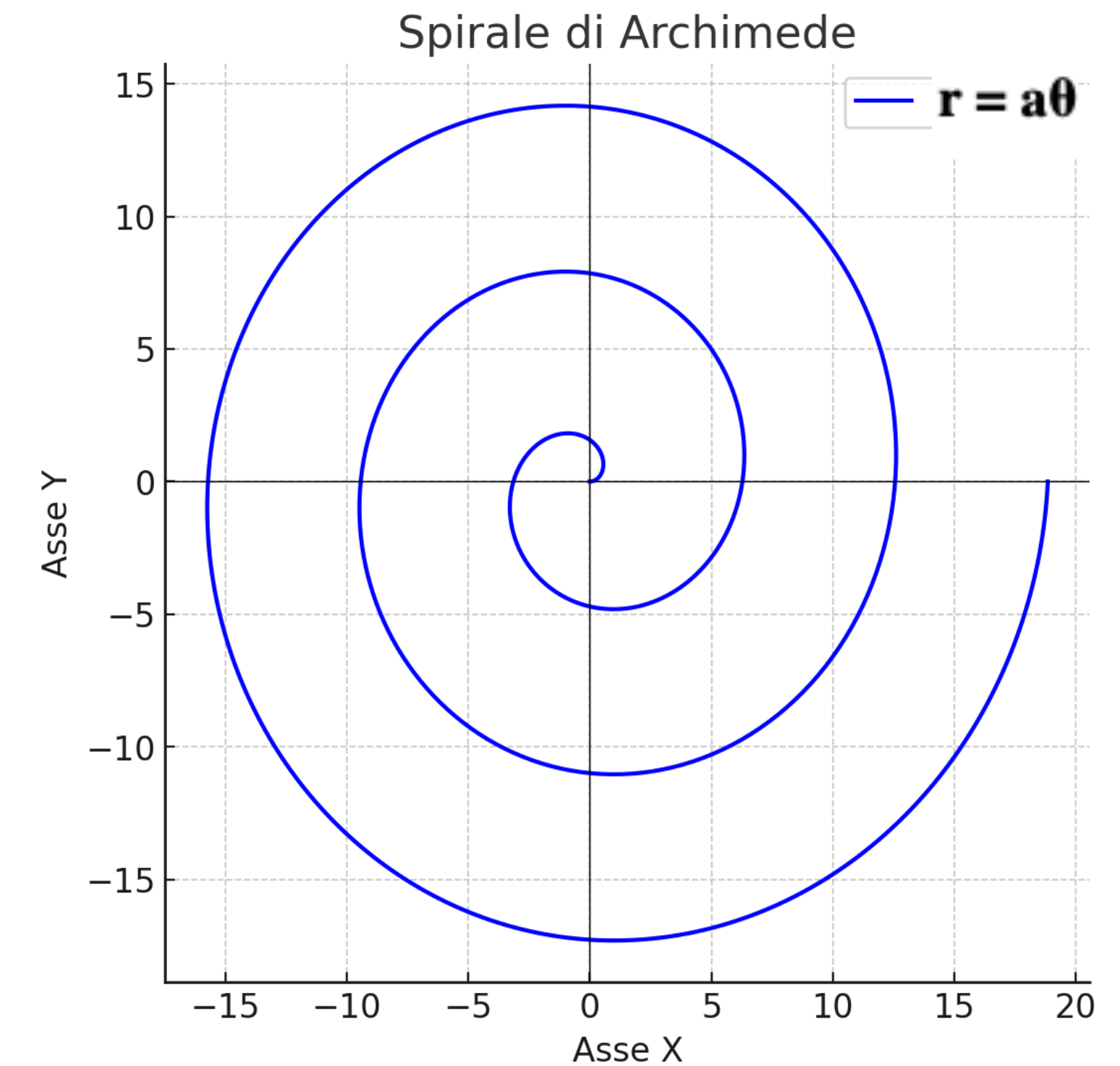
- In coordinate polari, la spirale di Archimede è descritta dall'equazione: $r = a\theta$, dove:
 - r è la distanza dal polo.
 - θ è l'angolo in radianti.
 - a è una costante che determina la distanza tra le spire.

Caratteristiche:

- La distanza tra le spire successive è costante.
- La spirale si estende all'infinito.
- Ha applicazioni in vari campi, tra cui l'ingegneria, la fisica e la matematica.

Applicazioni:

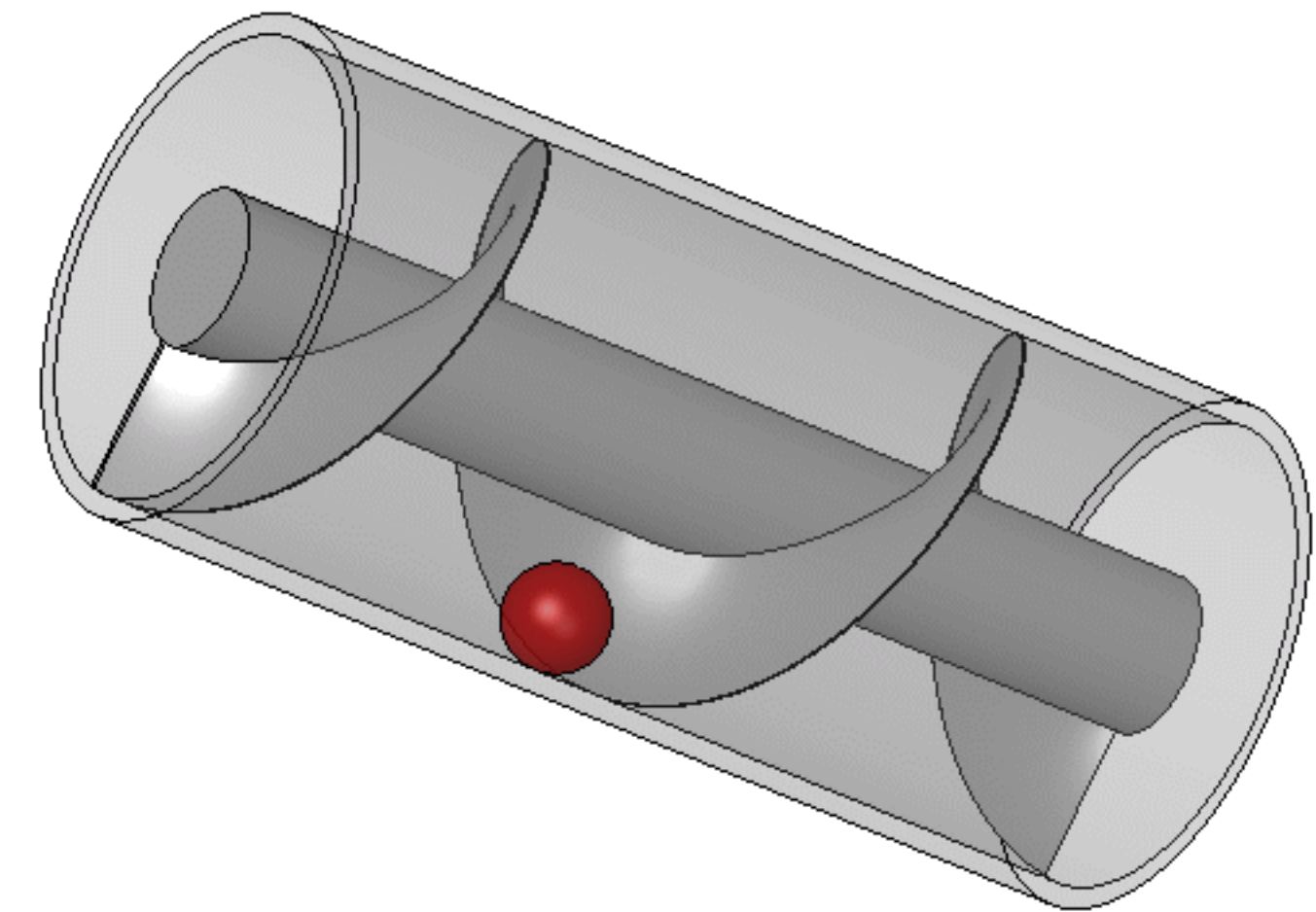
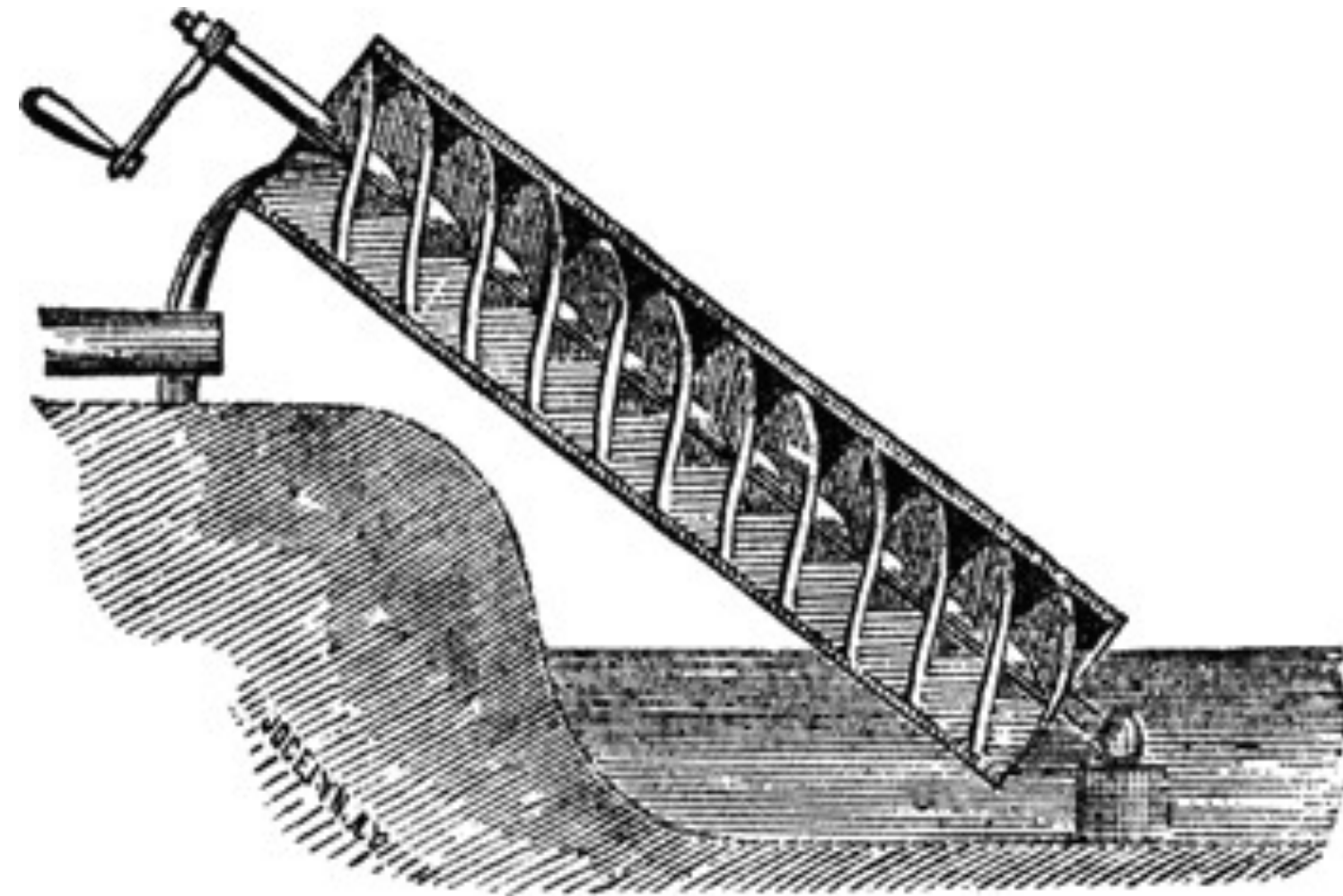
- **Meccanica:** Utilizzata in alcuni tipi di ingranaggi e molle.
- **Fisica:** Descrizione delle traiettorie di particelle cariche in un campo magnetico
- **Astronomia:** Modelli di evoluzione delle galassie e delle onde d'urto.
- **Registrazione audio:** La forma del solco nei dischi in vinile.



Rettificazione del cerchio: la lunghezza della circonferenza è pari al segmento AF dove F è l'intersezione della retta normale ad AH e la tangente al cerchio in H

La vite idraulica di Archimede

La vite idraulica di Archimede, detta anche **còclea** (dal latino cochlea, propriamente "chiocciola"), è un dispositivo usato per sollevare un liquido (ad esempio acqua) o un materiale granulare (ad esempio sabbia, ghiaia o solidi frantumati) o per sfruttare l'energia cinetica associata alla discesa del fluido lungo tale dispositivo.



Il Palinsesto di Archimede

Il **Palinsesto di Archimede** è un manoscritto di preghiera medievale che contiene diverse opere di Archimede, alcune delle quali erano state considerate perdute. Il testo è stato riscoperto nel 1906 a Istanbul e ha rivelato contenuti matematici fondamentali, inclusi metodi avanzati che anticipano il calcolo infinitesimale.

Opere di Archimede contenute nel Palinsesto

Il Palinsesto contiene i seguenti scritti di Archimede:

1. **Sull'equilibrio dei piani** (*De planorum aequilibriis*)
2. **Sulla spirale** (*De spiris*)
3. **Misura del cerchio** (*De mensura circuli*)
4. **Sfera e cilindro** (*De sphaera et cylindro*)
5. **Sui corpi galleggianti** (*De iis quae in humidis vehuntur*)
6. **La quadratura della parabola** (*Quadratura parabolae*)
7. **Il metodo** (*Methodus*, noto come *Il metodo dei teoremi meccanici*)
 - Quest'opera è particolarmente importante perché mostra come Archimede usasse il concetto di **infinita suddivisione** per calcolare aree e volumi, anticipando il calcolo integrale.



Il manoscritto venne venduto all'asta a un collezionista privato, il 29 ottobre 1998. Il proprietario depositò il manoscritto al The Walters Art Museum di Baltimora, nel Maryland, pochi mesi dopo. Da quella data il manoscritto è stato oggetto di conservazione e di studio, al fine di leggere meglio i testi. Il progetto **Palinsesto di Archimede**, come viene chiamato, ha gettato nuova luce su Archimede e rivelato nuovi testi del mondo antico.

Nel breve trattato intitolato l'Arenario, Archimede si ripromette di contare i granelli di sabbia contenuti in una sfera che abbia al suo centro il Sole e come superficie il cielo delle stelle fisse.

Per ottenere questo risultato, doveva trovare un sistema di numerazione capace di esprimere numeri estremamente grandi, in qualche modo equivalente alla nostra attuale notazione esponenziale.

In tal modo Archimede dimostrò la possibilità di scrivere numeri grandissimi anche se minori dell'infinito.

L' *Arenario* è un raro esempio di lavoro interdisciplinare che include in un tutto unitario la matematica, l'astronomia, la fisica e la filosofia.

**L'idea di un sistema eliocentrico è ivi contenuta:
Aristarco da Samo (310 a.C. - 230 a.C.)**

**Si legga(per specialisti):
G. Boscarino, "Un Mondo di sabbia": L'arenario di Archimede....
ed. altro Mondo, 2010**

Il meccanismo di Antikythera e Il Planetario di Archimede Ritrovato

Primo video (Inaf)

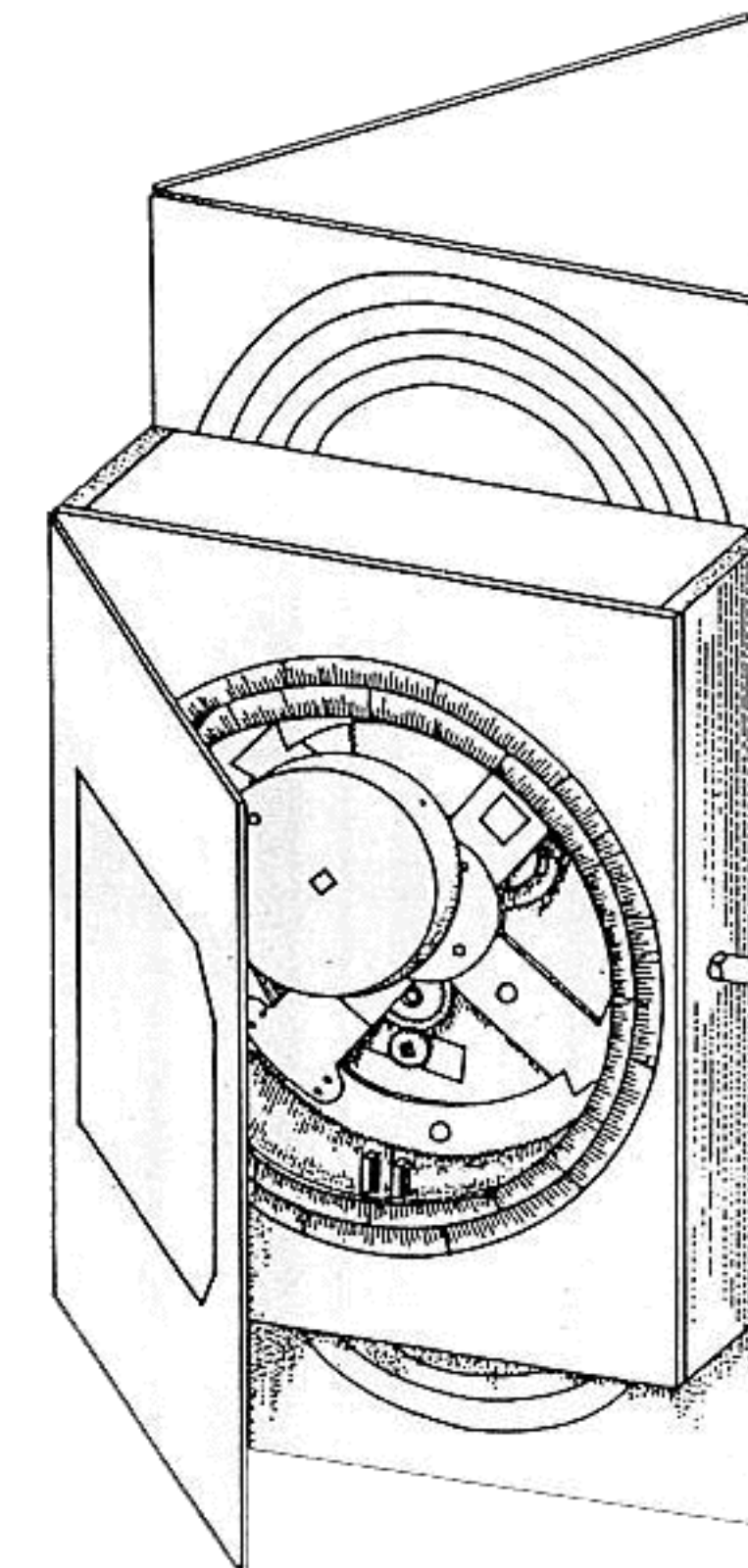
<https://www.youtube.com/watch?v=ZL7nN7dQCNA>

Secondo video (Planetario di Archimede)

<https://www.youtube.com/watch?v=XC0SLeT7DLI>

Terzo video

<https://www.youtube.com/watch?v=yj7t3l8-OPo>



Calcolatore astronomico di Antikythera
(Ricostruzione di De Solla Price, 1974)



Tomba di Archimede a Siracusa

Poco distante dal Parco Archeologico della Neapolis, nella zona rupestre più a nord rispetto al parco, è situata un'ampia area cimiteriale greco-romana chiamata "Necropoli Grotticelle".



Cicerone scopre la tomba di Archimede, dipinto del 1781 di Christian Wink.



Secondo una versione storica ufficiale, il generale romano Marcello, addolorato per l'omicidio di Archimede (ordinò in suo onore una cerimonia funebre con una degna sepoltura. Il generale fece quindi costruire una tomba dedicata ad Archimede, questa maestosa struttura era sormontata da una lapide in pietra o colonnetta su cui fece incidere una sfera inscritta in un cilindro con una enunciazione epigrafica tipica di un suo teorema, come simbolo primario delle sue scoperte.

Del ritrovamento della sua tomba, ha lasciato la testimonianza del reale luogo di sepoltura, Marco Tullio Cicerone, scrivendo a proposito come segue:

"Io quand'ero questore scoprii la sua tomba (di Archimede), sconosciuta ai Siracusani, cinta con una siepe da ogni lato e vestita da rovi e spineti, sebbene negassero completamente che esistesse. Tenevo, infatti, alcuni piccoli senari, che avevo sentito essere scritti nel suo sepolcro, i quali dichiaravano che alla sommità del sepolcro era posta una sfera con un cilindro..."

(Cicerone, Tusculanae disputationes).

La grande scoperta da parte di Cicerone, risale al 75 a.C., da quell'anno della reale tomba di Archimede si sono perse le tracce e la sua descrizione non corrisponde alla località in cui sorge la presunta tomba.

L'eredità di Archimede

La medaglia Fields

La medaglia Fields, è un premio riconosciuto a matematici di età inferiore a 40 anni in occasione del Congresso internazionale dei matematici della International Mathematical Union (IMU), che si tiene ogni quattro anni.

È spesso considerata come il più alto riconoscimento che un matematico possa ricevere: assieme al premio Abel è da molti definita il "**Premio Nobel per la matematica**".

Il nome comunemente usato per identificare il premio è in onore del matematico canadese John Charles Fields

La medaglia fu assegnata per la prima volta nel 1936 ed è stata assegnata ogni quattro anni a partire dal 1950. Il riconoscimento viene accompagnato da un premio in denaro di 15 000 dollari canadesi.



Recto della medaglia Fields. Vi è inciso il volto di Archimede e la sua frase: *Transire suum pectus mundoque potiri* (Elevarsi al di sopra di se stessi e conquistare il mondo).



Rovescio: *Congregati ex toto orbe mathematici ob scripta insignia tribuere* (I matematici riuniti da tutto il mondo hanno attribuito [questa medaglia] per dei contributi eccezionali).

Secondo il filosofo della scienza francese Michel Serres (1930-2019)



“Consideriamo, attentamente, la ripresa del Rinascimento e l’instaurazione della scienza che preannuncia alla nostra. Quello che si distacca da Aristotele è, ancora una volta, il mondo archimedeo. I piani inclinati, la statica, un’idraulica, il pre-calcolo differenziale. E’ proprio nell’Arenario che il mondo è eliocentrico, con l’appoggio di Aristarco.....Certo , Leonardo, Galilei, Torricelli e tutti fino a Descartes tagliano i ponti con il medioevo e la scolastica, ma Epicuro e anche Archimede costituiscono già un universo non aristotelico. No, la fisica e la meccanica NON nascono, ad un tratto, dal nulla o dalle sole sollecitazioni dei contemporanei, durante il rinascimento, esse rinascono, ecco tutto. Impiegheranno molto tempo per raggiungere la perfezione archimedeo. I fondatori di fatto della scienza moderna,....., non dicono tanto di essere eredi di Copernico o di Galilei quanto di aver appreso il loro mestiere nell’opera di Archimede.”

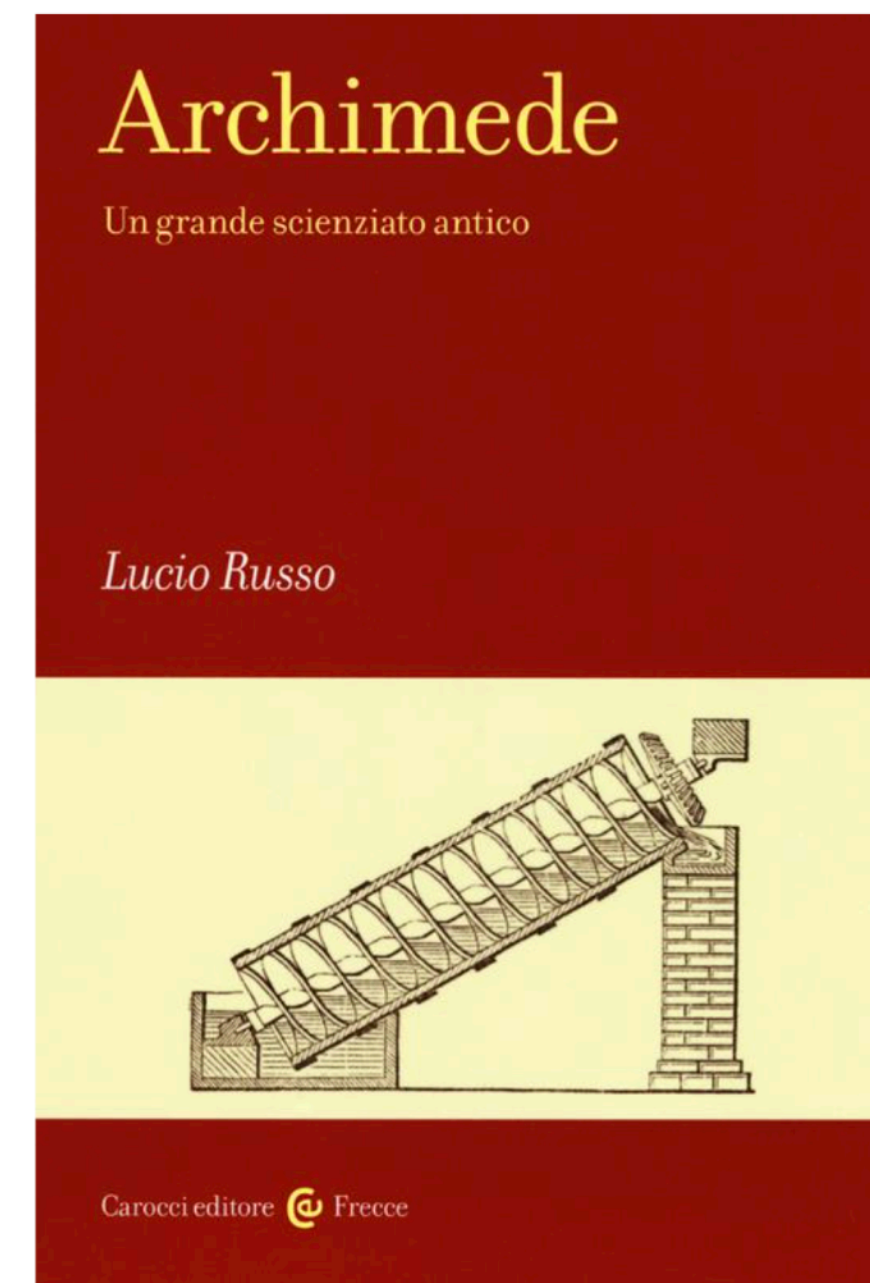
Tratto da M.S. “Lucrezio e L’origine della Fisica”; Sellerio ed. Palermo (2000)

Conferenza di Lucio Russo su Archimede
<https://www.youtube.com/watch?v=Sbdn54jxObk>



Per approfondire

- Pier Daniele Napolitani, *Archimede, alle radici della scienza moderna*, Quaderni de Le Scienze (2001)
- Lucio Russo, *Archimede. Un grande scienziato antico*, Carocci Editore (2019)
- Lucio Russo, *La rivoluzione dimenticata*, Feltrinelli (2021)



Da Archimede a Leonardo passano più di 1400 anni. Perché ?

Le conoscenze scientifiche più avanzate del periodo ellenistico e di Archimede lentamente vengono dimenticate, gli scritti perduti.

A questo contribuiscono varie cause:

1. Distruzione della Biblioteca di Alessandria

- La **Biblioteca di Alessandria** era il più grande centro di conoscenza dell'antichità, contenente testi di Archimede e di altri scienziati ellenistici.
- Subì più distruzioni nel corso dei secoli da parte dei Romani, dei Cristiani e degli Arabi (dal 48 a.C. al 642 d.C.), causando la perdita di innumerevoli manoscritti.

2. Declino del mondo greco e conquista romana

- Dopo la conquista romana (II sec. a.C.), l'interesse per la scienza teorica diminuì.
- I Romani erano più orientati alla tecnologia pratica che alla ricerca pura, quindi molti testi scientifici non furono copiati o tramandati.

3. Mancanza di copie e trascrizioni

- Nel mondo antico, la conoscenza si tramandava copiando a mano i testi. Se un'opera non veniva copiata, rischiava di scomparire.
- Dopo la morte di Archimede, molte sue opere non furono più riprodotte o furono parzialmente modificate.

4. Cristianesimo e Medioevo: cambiamento del sapere

- Nei primi secoli del Cristianesimo, molte opere pagane furono trascurate o distrutte.
- Durante il Medioevo, la scienza greca sopravvisse solo in parte nei monasteri e nelle traduzioni arabe.

Dopo il Medioevo, col Rinascimento si riscoprono le opere di Archimede e si arriva a Leonardo

Leonardo da Vinci



La vita

Leonardo nasce ad Anchiano vicino Vinci il **15 aprile 1452** e muore poi in Francia ad Amboise, il **2 maggio 1519**

Fu il primo figlio, anche se illegittimo, del notaio Ser Piero Fruosino da Vinci e di una contadina Caterina di Meo Lippi

La madre fu presto allontanata dalla famiglia e il padre si risposò più volte

Leonardo ebbe molti fratellastri, pare addirittura 16.

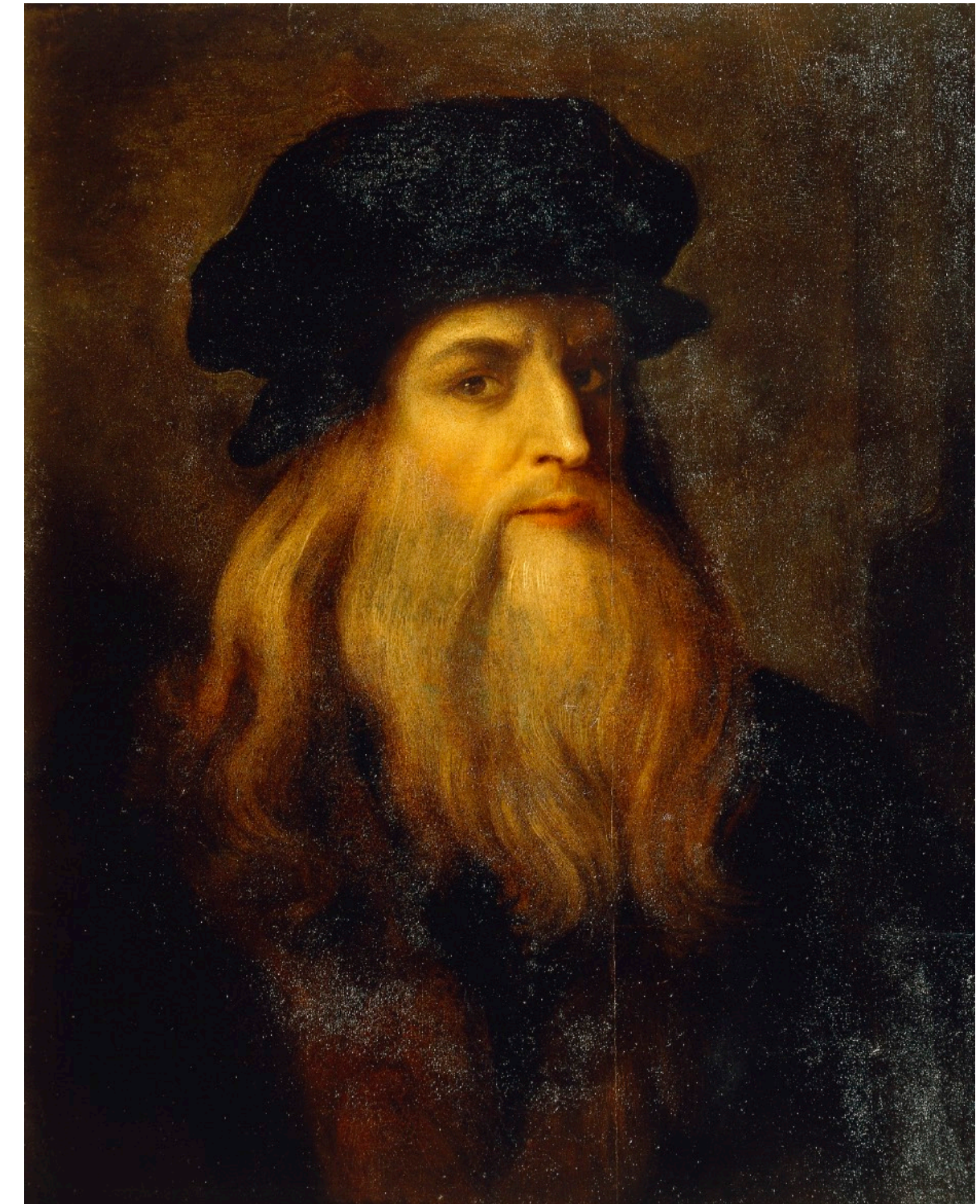
Nel 1462 il padre si trasferisce a Firenze e intuendo il grande talento di Leonardo per il disegno e la pittura lo porta nella bottega dell'amico pittore **Andrea del Verrocchio intorno al 1469.**

La bottega del Verrocchio a quell'epoca era una delle botteghe più importanti a Firenze. Nella stessa bottega lavoravano anche altri ragazzi come lui che sarebbero poi diventati grandi maestri come ad esempio Sandro Botticelli, Pietro Perugino, Domenico Ghirlandaio

Fino ad allora Leonardo aveva avuto una istruzione poco formale e molto disordinata soprattutto a casa del nonno Antonio anch'esso notaio.

In quegli anni, **dal 1474 al 1478 si avvicina anche al mondo della scienza** con la frequentazione dell'anziano geografo e astronomo Paolo dal Pozzo Toscanelli. Ebbe modo di approfondire l'anatomia assistendo alla dissezione dei cadaveri nelle camere mortuarie degli ospedali, e studiò anche la fisica e la meccanica con esperimenti diretti.

Il **9 aprile 1476** fu presentata una denuncia anonima contro Leonardo insieme ad altri, per sodomia consumata verso il diciassettenne Jacopo Saltarelli. Fra gli accusati vi era pure un giovane rampollo della famiglia Tornabuoni, imparentata con i Medici. Questo salvò Leonardo e gli altri in quanto la denuncia venne poi ritirata. All'epoca chi veniva accusato di sodomia rischiava l'evirazione o la mutilazione di un piede o di una mano



A questi anni risalì probabilmente anche l'avvicinamento a Lorenzo il Magnifico e alla sua cerchia, della quale faceva parte il suo maestro Verrocchio. Alcuni fogli dei Codici vinciani mostrano studi per consulenze militari e ingegneristiche, richieste probabilmente da Lorenzo.

Il 29 dicembre 1479 Leonardo ritrasse il cadavere impiccato di uno dei responsabili della congiura dei Pazzi, Bernardo di Bandino Baroncelli (l'assassino di Giuliano de' Medici), confermando un legame con la Casa dei Medici

Lorenzo il Magnifico invia Leonardo a Milano come suo ambasciatore nel 1482

Leonardo ebbe la missione di portare al duca Ludovico il Moro un omaggio.

Si trova scritto nel libro Anonimo Gaddiano che *«[Leonardo] aveva trent'anni che dal detto Magnifico Lorenzo fu mandato al duca di Milano a presentarli insieme con un suo assistente Atalante Migliorotti una lira che unico era in suonare tale strumento»*.

Vasari tramanda che fosse un grandissimo musicista e che avesse costruito questa lira in argento, in parte a forma di una testa di cavallo *«cosa bizzarra e nuova, acciò ché l'armonia fosse con maggior tuba e più sonora di voce»*. Arrivato, Leonardo partecipò a una gara musicale con quello strumento indetta alla corte sforzesca, *«laonde superò tutti i musici, che quivi erano concorsi a sonare»*.

In quell'occasione Leonardo scrisse anche una famosa *"lettera d'impiego"* di nove paragrafi, in cui descriveva innanzitutto i suoi progetti di ingegneristica, di apparati militari, di opere idrauliche, di architettura, e solo alla fine, di pittura e scultura, di cui occuparsi in tempo di pace, tra cui il progetto di un cavallo di bronzo per un monumento a Francesco Sforza.

Da questo si evince quanto Leonardo fosse intenzionato a restare a Milano, città che doveva affascinarlo per la sua apertura alle novità scientifiche e tecnologiche, causata dalle continue campagne militari.

L'accoglienza a Milano fu piuttosto tiepida, pare che Leonardo ebbe anche qualche problema inizialmente pure con la lingua.



Molte delle cose che sappiamo su Leonardo si devono al pittore e architetto Giorgio Vasari grazie al suo libro

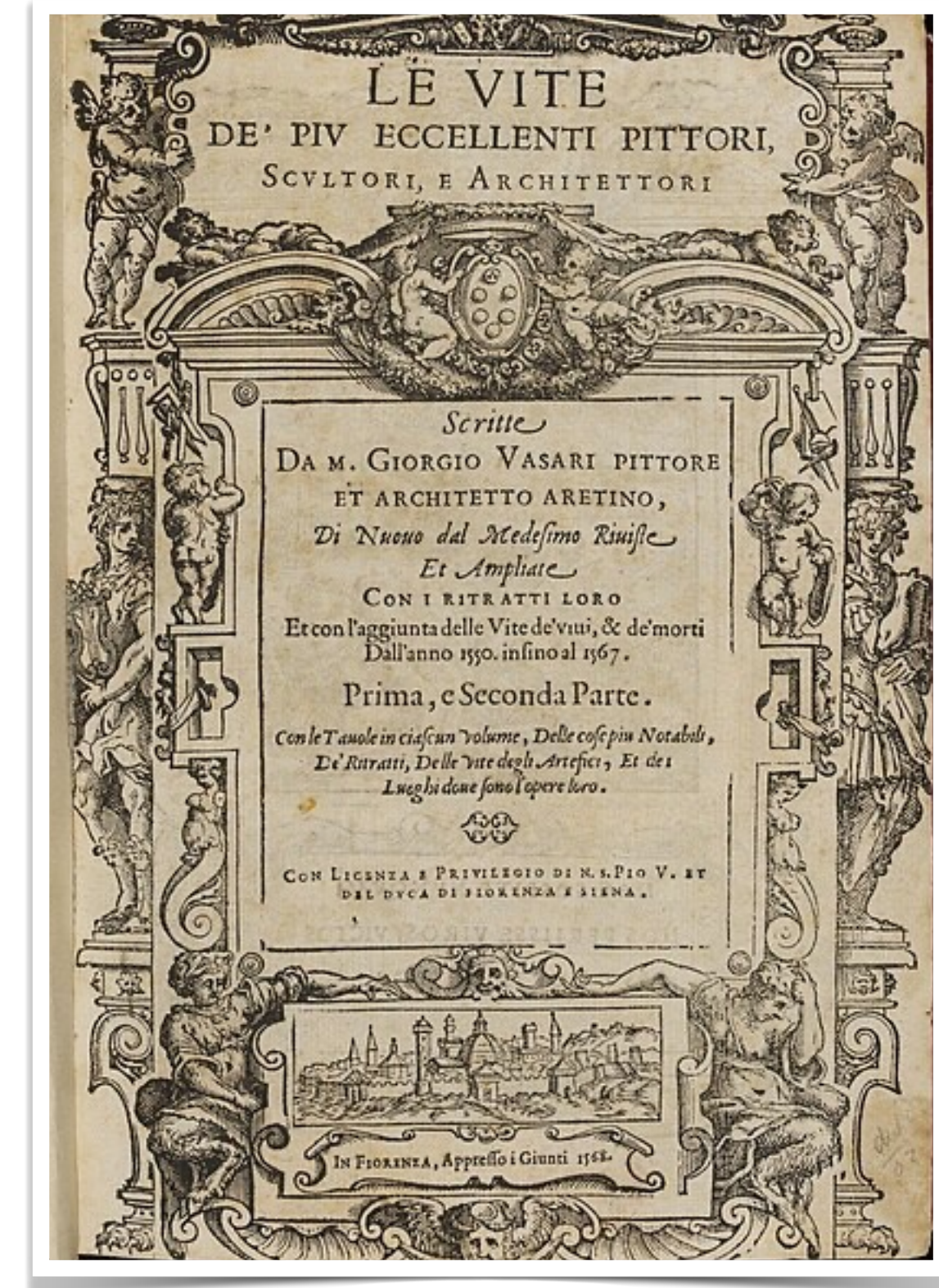
Le vite de' più eccellenti architetti, pittori, e scultori italiani, da Cimabue insino a' tempi nostri

in cui raccoglie una serie di biografie di importanti artisti ed architetti.

Il libro fu pubblicato per la prima volta nel **1550** a Firenze



Autoritratto di Giorgio Vasari



Nei primi anni milanesi Leonardo proseguì con gli studi di meccanica, le invenzioni di macchine militari, la messa a punto di varie tecnologie.

Dal 1485 progettò per Ludovico il Moro, con versatilità sistemi d'irrigazione, dipinse ritratti, approntò scenografie per feste di corte, ecc.

Una lettera di quegli anni ricorda però come l'artista fosse insoddisfatto per i compensi ricevuti, descrivendo anche il suo stato familiare all'epoca. Scriveva Leonardo al duca che in tre anni aveva ricevuto solo cinquanta ducati, troppo pochi per sfamare "sei bocche", ovvero oltre la sua quelle di tre allievi, di un uomo di fatica e, dal 1493, della madre naturale di Leonardo al seguito del figlio dopo essere rimasta vedova.

Leonardo comunque resta a Milano fino al 1499, dipingendo veri opere importanti come l'Ultima cena, decorazioni varie per il Castello Sforzesco, messe in scena per eventi teatrali. Di questo periodo è anche il progetto di un cavallo monumentale. L'impresa era colossale, non solo per le dimensioni della statua, che doveva essere fusa in bronzo, ma anche per l'intento di scolpire un cavallo nell'atto di impennarsi e abbattersi sul nemico. L'artista spese mesi interi nello studio dei cavalli, frequentando le scuderie ducali per studiare da vicino l'anatomia di questi animali, soprattutto riguardo al rilassamento e alla tensione dei muscoli durante l'azione.

Nel 1496 molto probabilmente morì sua madre, come si deduce da una sua nota di spese per una sepoltura che porta questa data.

Del 2 ottobre 1498 è l'atto notarile col quale Ludovico il Moro gli donò una vigna tra il convento di Santa Maria delle Grazie e il monastero di San Vittore al Corpo.

Poi mentre il Moro era a Innsbruck, cercando invano di farsi alleato l'imperatore Massimiliano, **il 6 ottobre 1499 Luigi XII conquistava Milano.**

Il 14 dicembre 1499 Leonardo abbandona Milano.

Fra il 1499 ed il 1508 Leonardo gira per diverse città, prima Mantova, poi Venezia e Roma rientrando ogni tanto a Firenze. E' un periodo di ristrettezze economiche.

Durante la sua assenza, Firenze era cambiata sia sul piano politico sia sulla scena artistica.

Era morto Lorenzo il Magnifico, nel 1494, si era restaurata la piena Repubblica, con a capo dal 1502 il gonfaloniere a vita Pier Soderini.

Nuove "stelle" erano salite alla ribalta artistica della città, tra cui quella di **Michelangelo**, di oltre vent'anni più giovane di Leonardo, con il quale non corse mai buon sangue

Il secondo soggiorno milanese (1508-1513)

Il governatore francese di Milano, Charles d'Amboise, sollecitò fin dal 1506, Leonardo a entrare al servizio di Luigi XII di Francia. Finalmente Leonardo accettò di tornare a Milano dal luglio 1508 e vi rimase fino al 1513

Fu questo un periodo di lavoro molto intenso: dipinse varie opere fra cui la Sant'Anna, la Vergine e il Bambino con l'agnellino. Completò, in collaborazione col De Predis, la seconda versione della Vergine delle Rocce e si occupò di problemi geologici, idrografici e urbanistici.

Durante i suoi brevi viaggi visitò Como, poi insieme al matematico Luca Pacioli soggiornò a Vaprio d'Adda, in provincia di Milano. **Qui gli fu affidato dal padre il giovane Francesco Melzi, l'ultimo e il più caro dei suoi allievi che lo seguì fino alla morte.**

Nel 1511 morì il suo mecenate Charles d'Amboise. L'anno seguente i Francesi vennero cacciati da Milano, che tornò di nuovo agli Sforza

A Roma (1514-1516)

Invitato da Giuliano de' Medici, fratello di papa Leone X, il 24 settembre 1514 Leonardo partì per Roma, portandosi dietro i suoi allievi più stretti. Soggiornò in Vaticano.

A Roma Leonardo si dedicò ai suoi studi scientifici, meccanici, di ottica e di geometria e cercò fossili sul vicino monte Mario, ma si lamentò con Giuliano che gli fossero impediti i suoi studi di anatomia. Si occupò anche del prosciugamento delle Paludi pontine, e della sistemazione del porto di Civitavecchia.

Con Giuliano e il Papa fece anche un viaggio a Bologna, dove ebbe modo di conoscere direttamente Francesco I di Francia.

Leonardo trascorse la maggior parte del tempo vivendo nel cortile del Belvedere nel Palazzo Apostolico, dove Michelangelo e Raffaello erano entrambi attivi

In Francia, al servizio di Francesco I (1516-1519)

Nel agosto 1516, invitato dal re Francesco I, Leonardo partì per la Francia, dove arrivò nel mese di ottobre, insieme con Francesco Melzi e col suo servitore.

Qui viene alloggiato nel castello di Clos-Lucé, vicino ad Amboise, e onorato del titolo di premier *peintre, architecte, et mecanicien du roi*, con una pensione di 5000 scudi. Francesco I era un sovrano colto e raffinato, amante dell'arte soprattutto italiana.

Gli anni passati in Francia furono sicuramente il periodo più sereno della sua vita, assistito dai due fedeli allievi e, sebbene indebolito dalla vecchiaia e da una probabile trombosi cerebrale che gli paralizzò la mano destra, poté continuare con passione e dedizione i propri studi e le ricerche scientifiche.

Nonostante la paralisi alla mano destra, continuò a lavorare e studiare, progettando il palazzo reale di Romorantin, che Francesco I intendeva erigere per la madre Luisa di Savoia, e organizzando spettacoli e feste per i reali.

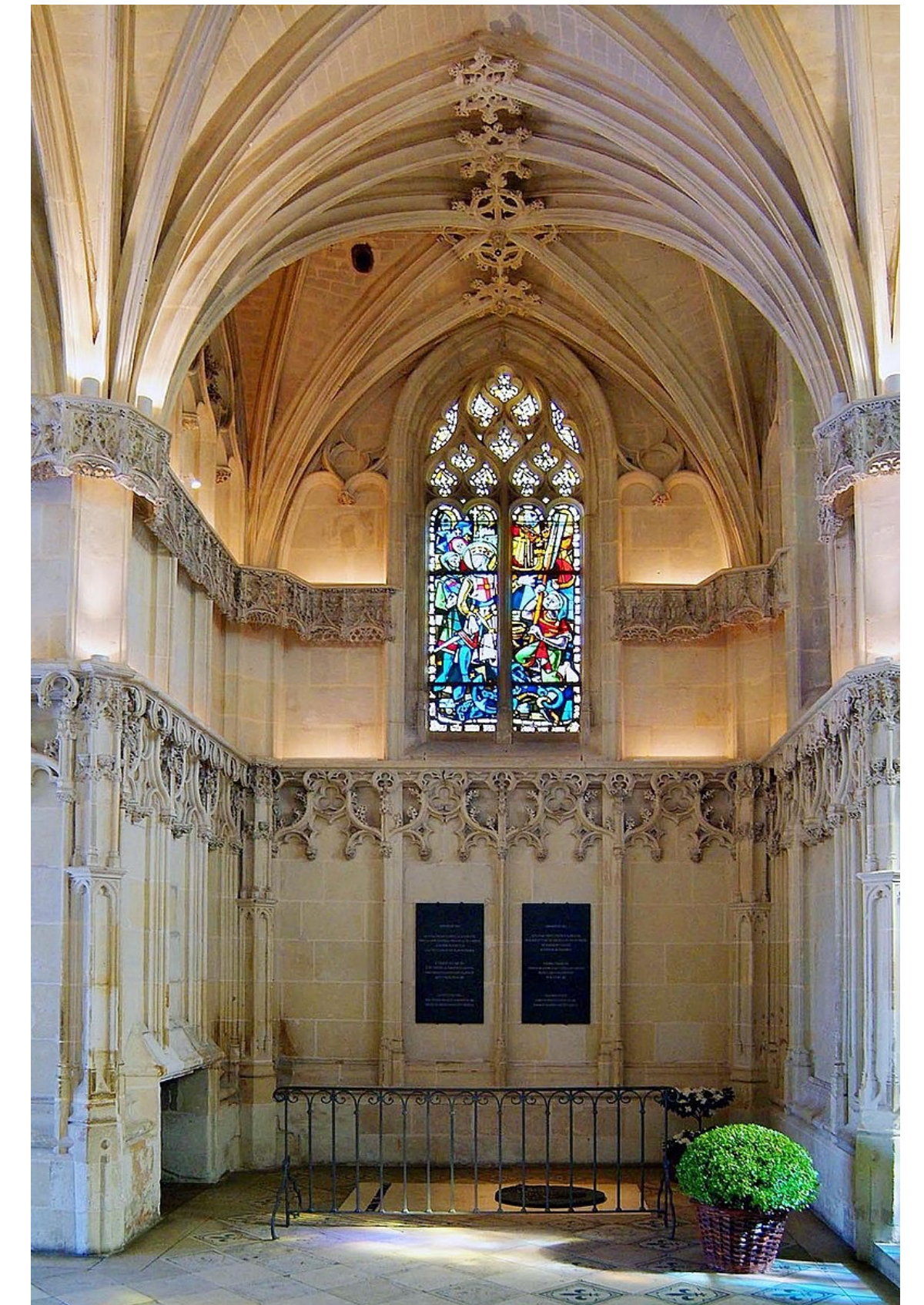
Leonardo morì il 2 maggio 1519, a 67 anni, presso il maniero di Clos-Lucé ad Amboise.

Pochi giorni prima aveva fatto testamento e lasciato tutti i suoi averi e libri al suo allievo prediletto Francesco Melzi

Fu inumato nel chiostro della chiesa di Saint-Florentin ad Amboise,

Cinquant'anni dopo, la sua tomba fu violata, le sue spoglie andarono disperse nei disordini delle lotte religiose tra cattolici e ugonotti.

Nel 1874 delle ossa ritrovate e attribuite a Leonardo furono poste nella cappelletta di Saint-Hubert presso il castello di Amboise.



La tomba di Leonardo, nella cappelletta di Saint-Hubert presso il castello di Amboise

Alcuni famosi dipinti di Leonardo



Dama con l'ermellino

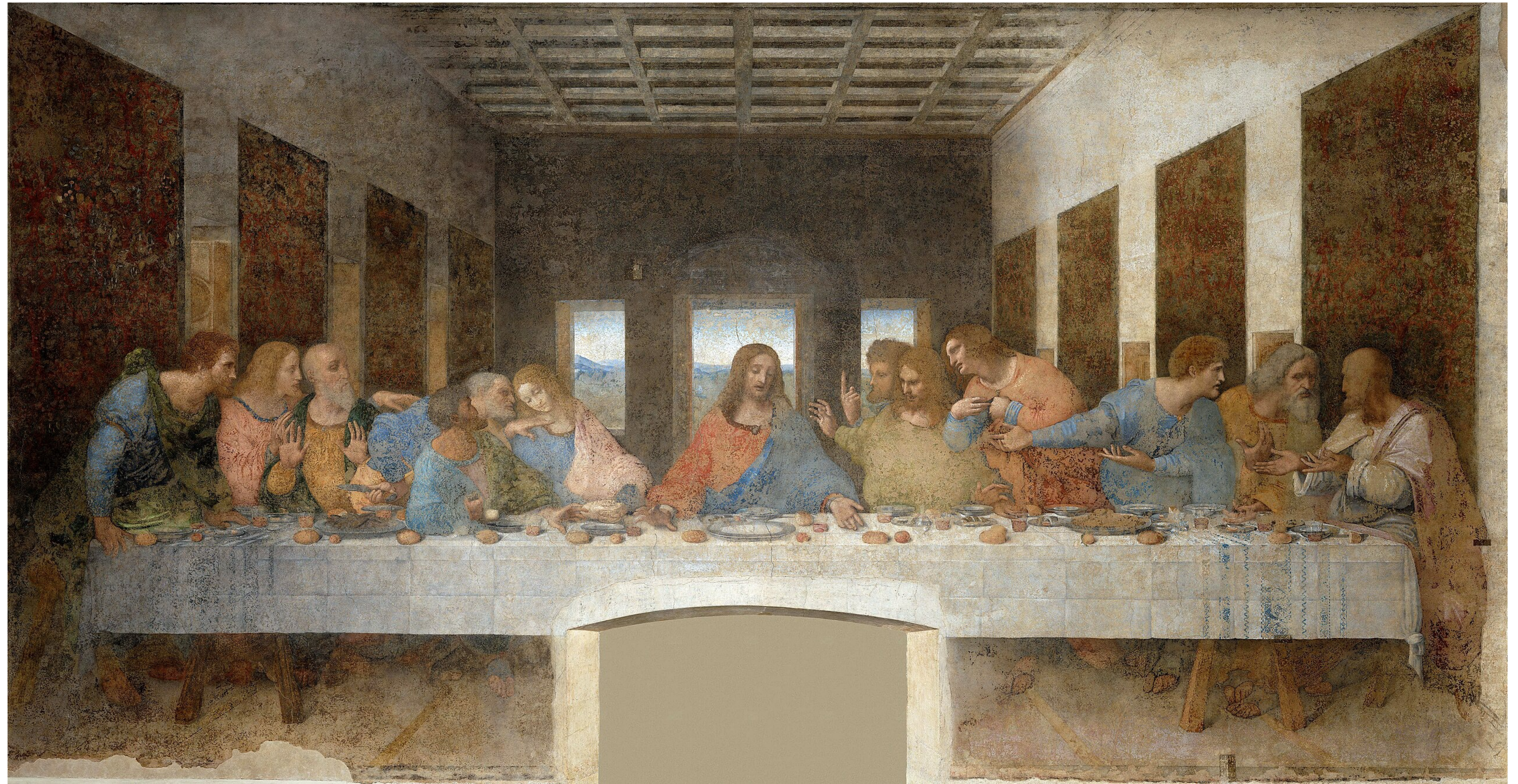
L'opera è uno dei dipinti più belli di Leonardo Da Vinci, simbolo dello straordinario livello artistico raggiunto da lui durante il suo primo soggiorno milanese, **tra il 1482 e il 1499**. L'opera, viene di solito datata a poco dopo il 1488, quando Ludovico il Moro ricevette il prestigioso titolo onorifico di cavaliere dell'Ordine dell'Ermellino dal re di Napoli Ferdinando I di Aragona. La donna sarebbe la giovane amante del Moro Cecilia Gallerani.

Il dipinto si trova al Museo Nazionale di Cracovia



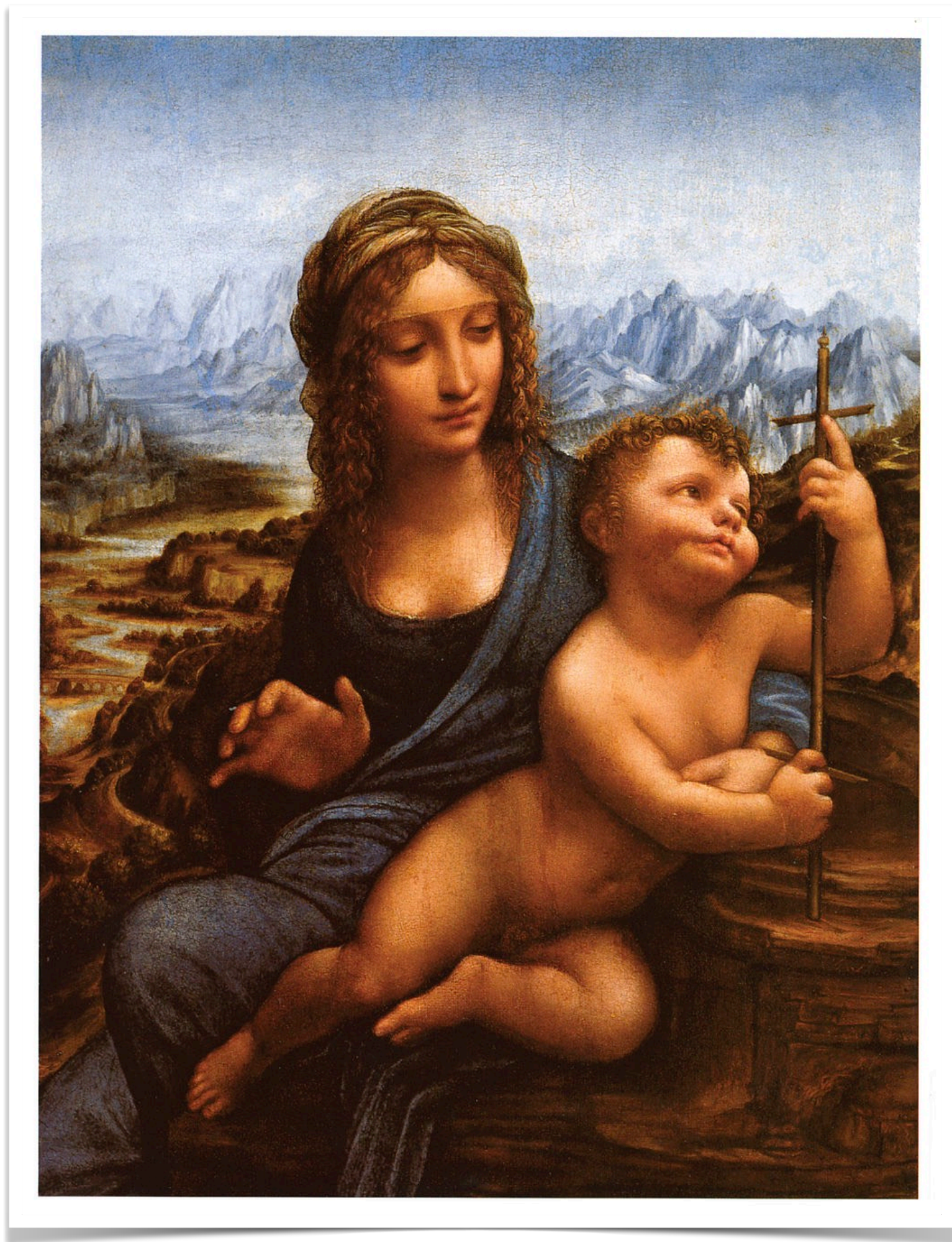
La Vergine delle rocce (1483-1486)

Il dipinto si trova al Museo del Louvre

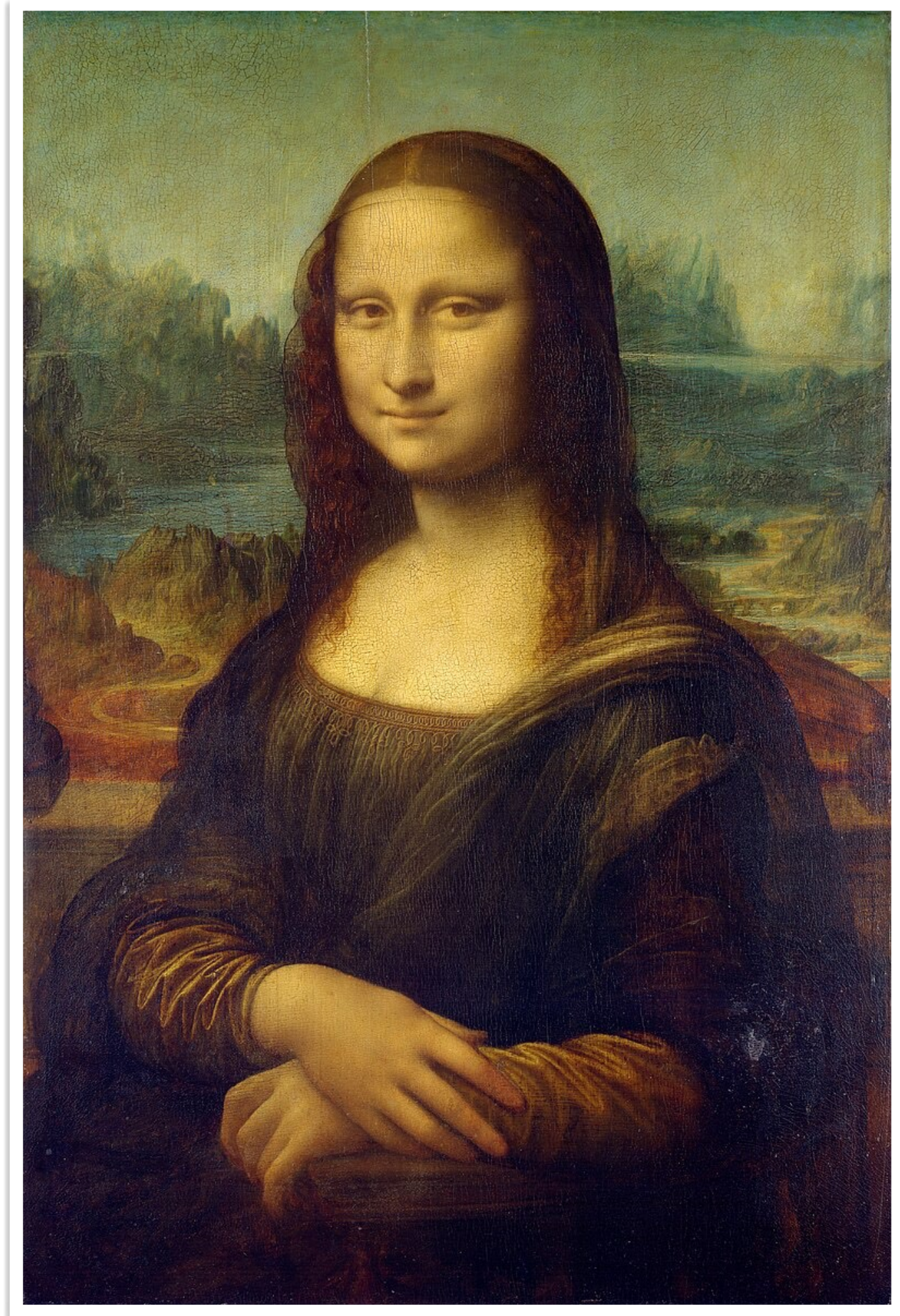


L'ultima cena (1494-1498)

Si trova nel refettorio del convento adiacente il santuario di Santa Maria delle Grazie a Milano.

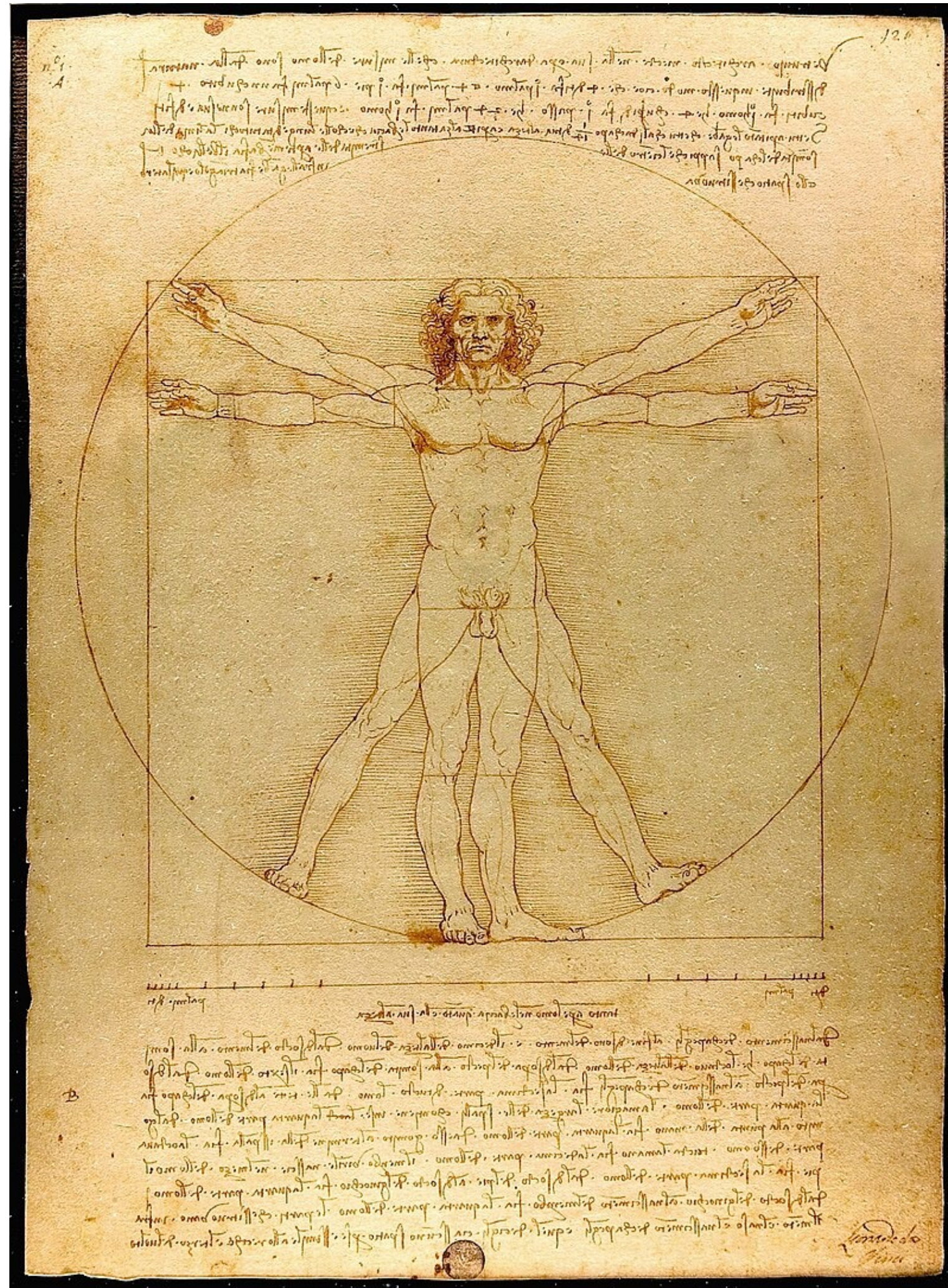


Madonna dei Fusi (1501 circa), New York, collezione privata



La Gioconda (1503-1506), Parigi, Museo del Louvre

I disegni e gli studi anatomici



L'**Uomo vitruviano** è un disegno a penna e inchiostro su carta del 1490

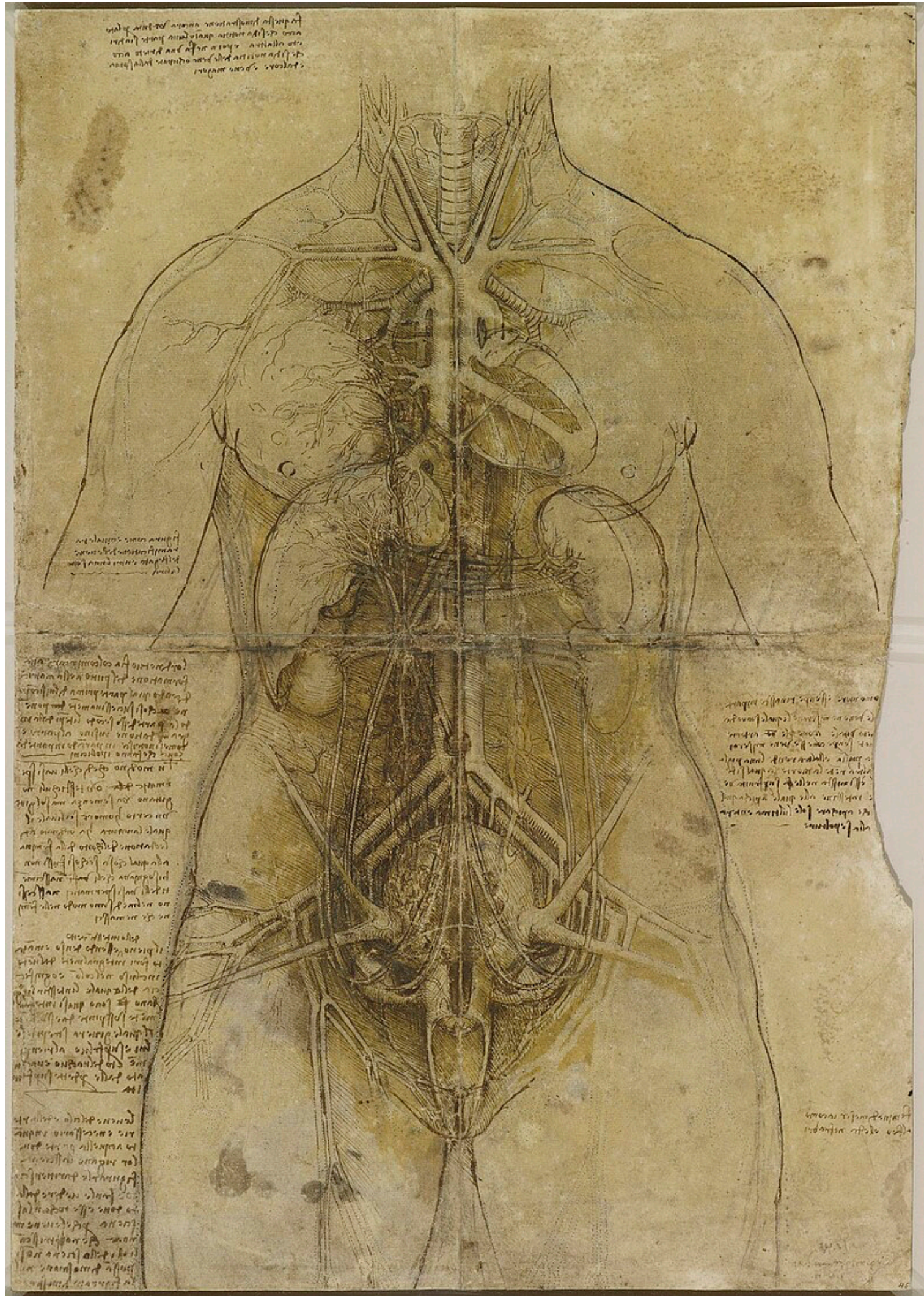
Celeberrima rappresentazione delle proporzioni ideali del corpo umano, cerca di dimostrare come possa essere armoniosamente inscritto nelle due figure "perfette" del cerchio, che simboleggia il Cielo, la perfezione divina, e del quadrato, che simboleggia la Terra.

La scelta di questa geometria non è frutto del caso, bensì di studi precisi. Il cerchio infatti rappresenta il cosmo, il divino: gli antichi ritenevano che fosse simbolo di perfezione. In contrapposizione si trova il quadrato, simbolo del mondo terreno. L'uomo quindi rappresenterebbe l'unione tra microcosmo e macrocosmo, quindi l'idea stessa di mondo. Riconducendo tale visione alla filosofia platonica, aristotelica e neoplatonica, **l'uomo viene considerato "specchio dell'universo"**. Egli è il riflesso di un ordine superiore, il quale contiene gli elementi che compongono il mondo intero.

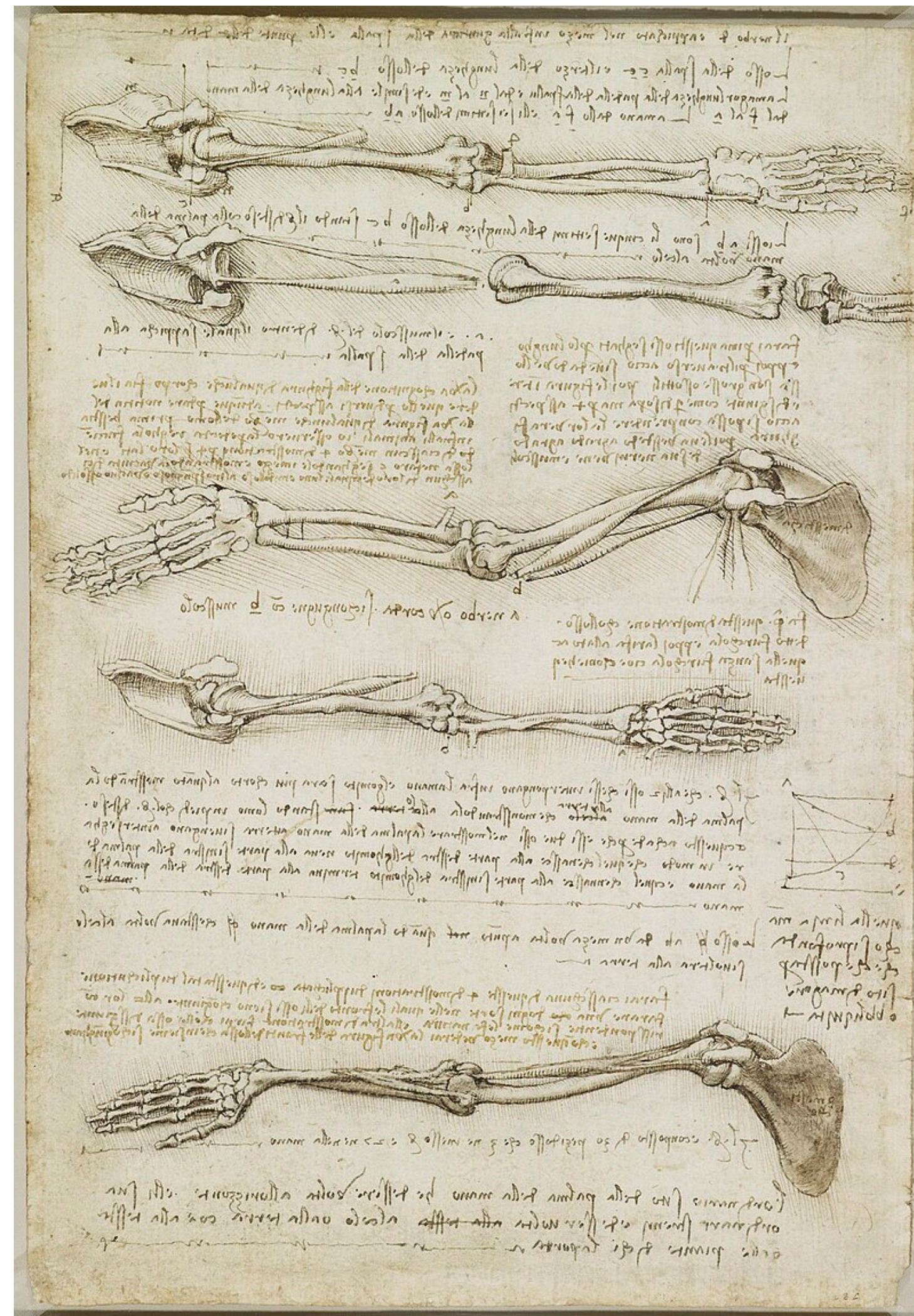
L'uomo vitruviano è simbolo dell'arte rinascimentale, con esso si analizzano le proporzioni del corpo umano secondo gli scritti dell'architetto romano [Vitruvio](#).

Qui Leonardo voleva rappresentare, l'uomo come "misura di tutte le cose".

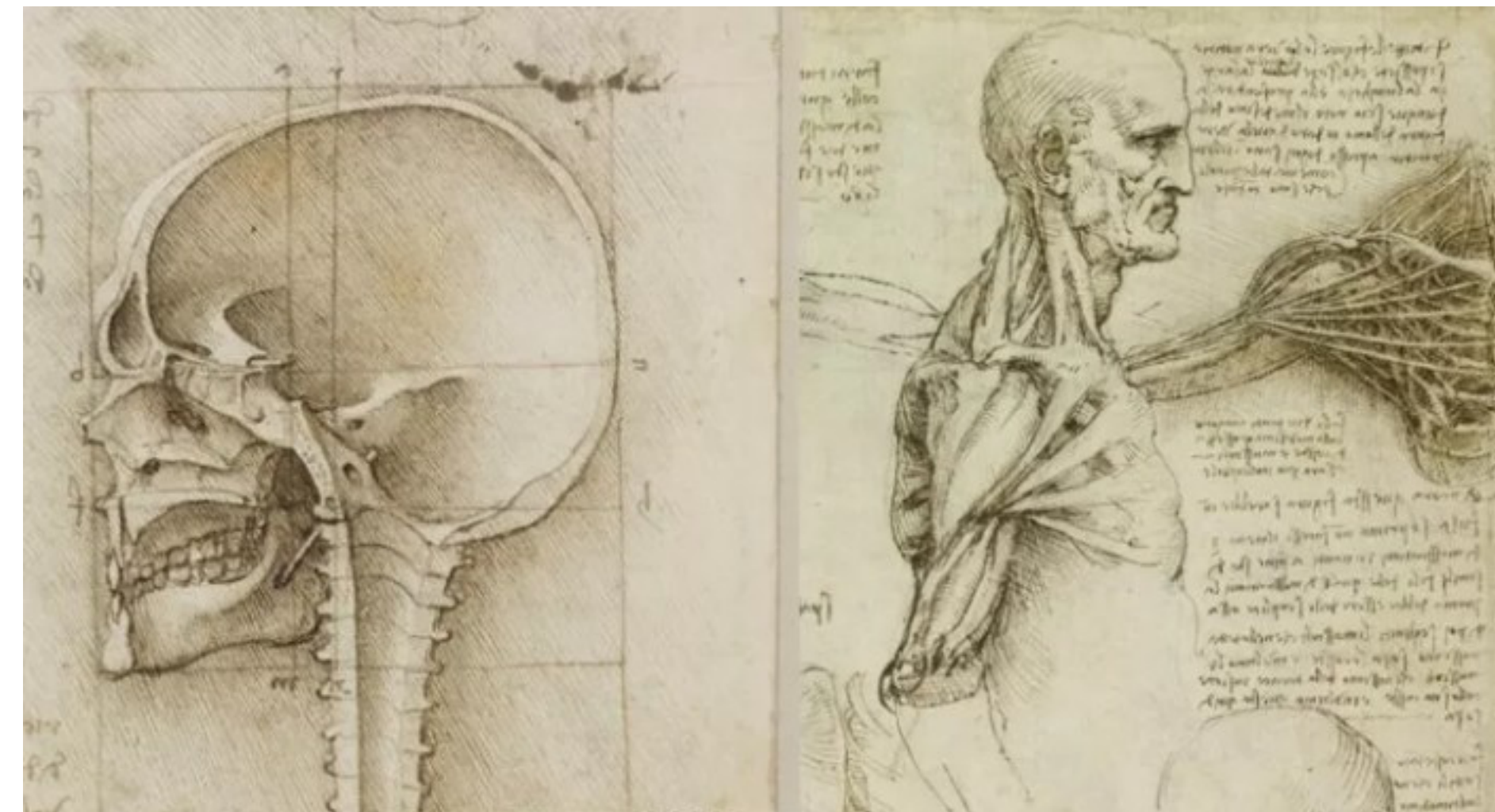
L'**Uomo vitruviano**, studio di proporzionalità di un corpo umano, Venezia, Gallerie dell'Accademia



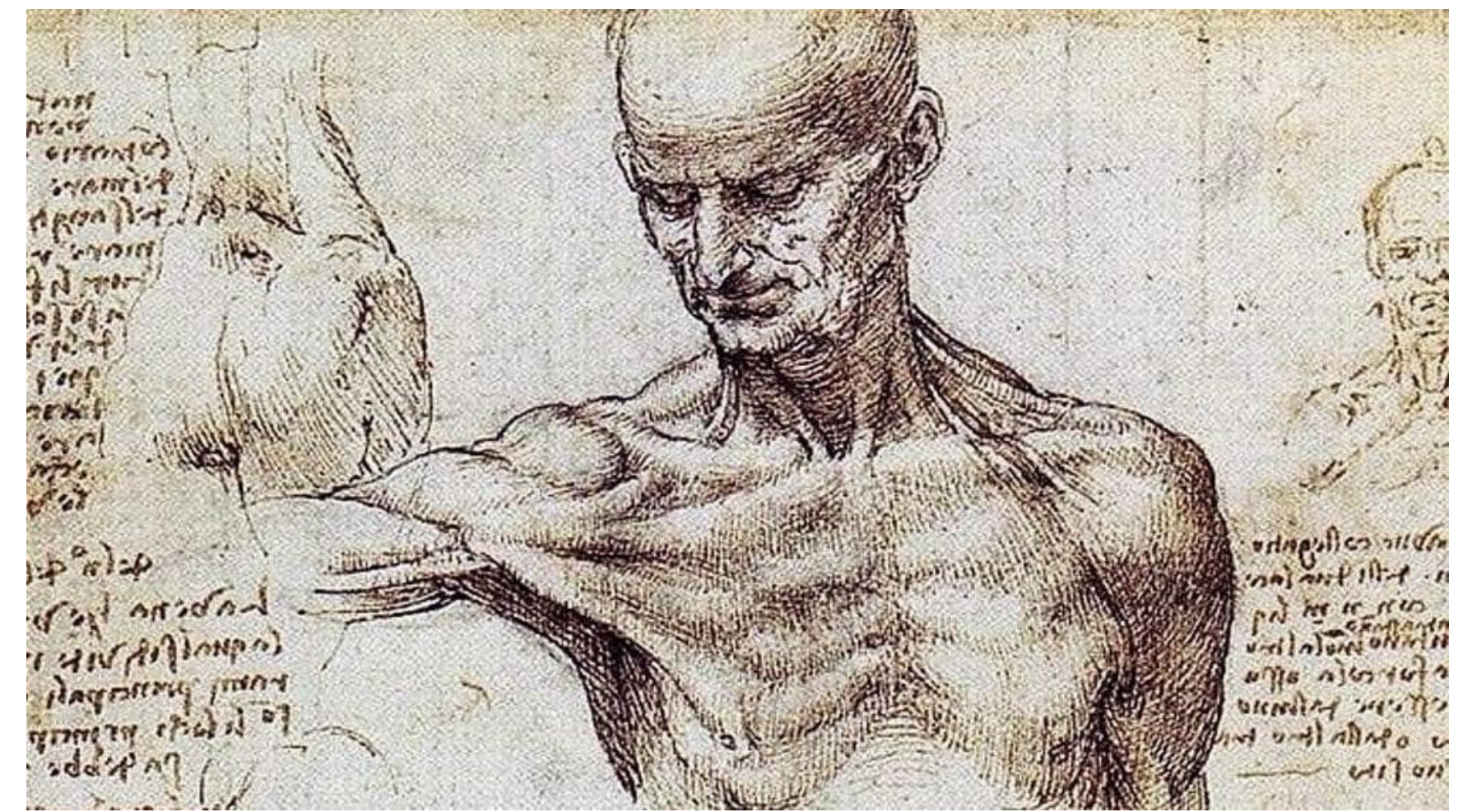
Anatomia femminile, Windsor, Raccolte Reali



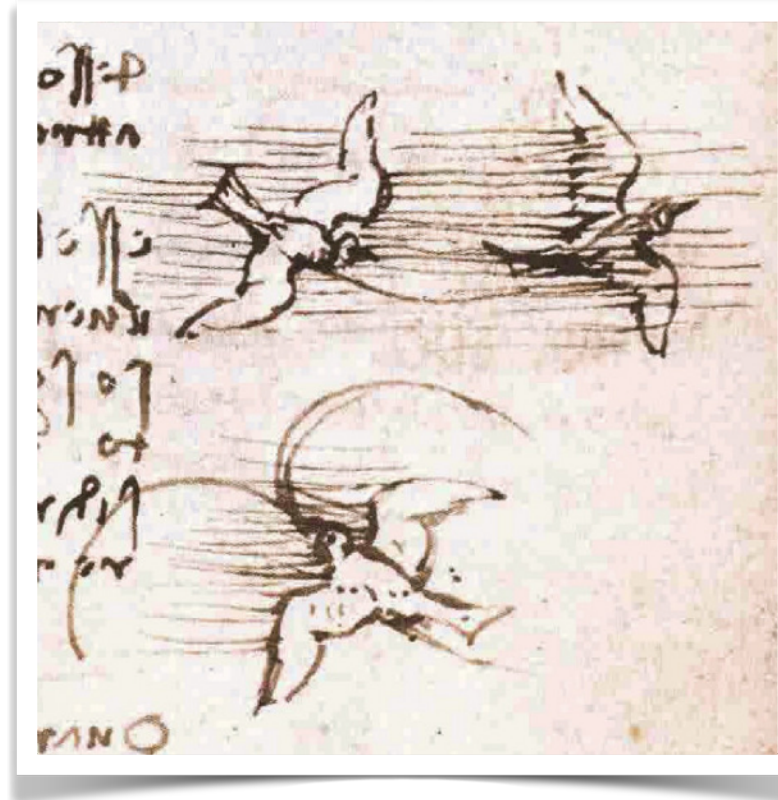
Movimento del braccio



Studi anatomici vari



Il Codice sul Volo degli Uccelli



Leonardo Da Vinci vedeva nel **volo** la **spinta naturale dell'ambizione umana**. Ecco perché compilò un **manoscritto di 18 pagine** sul volo

Si tratta di una collezione di **disegni e appunti** creati da Leonardo tra il **1505** e il **1506**. La datazione del **manoscritto** è confermata da una citazione dello stesso Leonardo, su una pagina aveva annotato la data del giorno in cui aveva visto un uccello spiccare il volo: *il cortone, uccello di rapina chio vidi andando a Fiesole sopra il loco del Barbiga, nel 5 adì 14 di marzo.*

È stato scritto nel noto **stile a specchio** tipico di Da Vinci (usava scrivere da destra a sinistra per rendere confidenziali i suoi scritti).

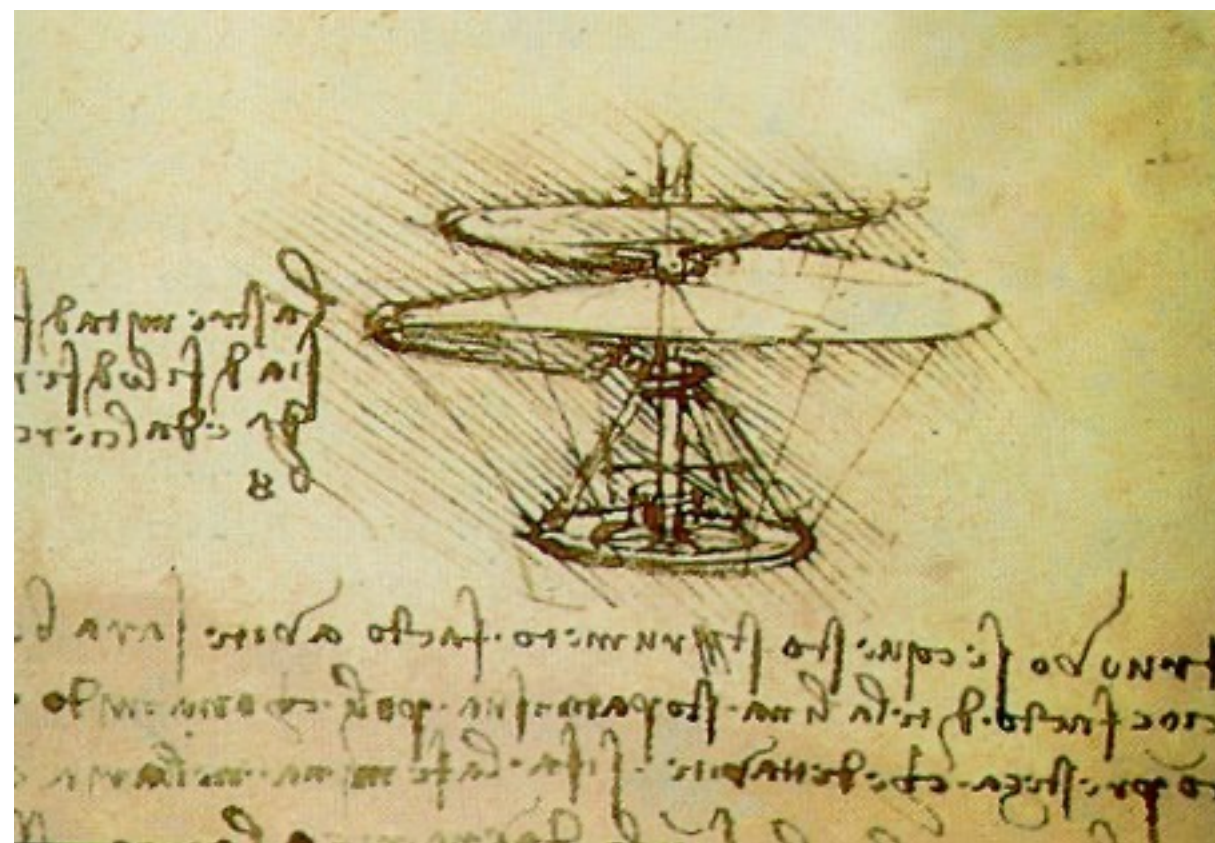
Il grande maestro toscano aveva tentato di far luce sui **principi aerodinamici** del volo meccanico attraverso lo studio e l'analisi del comportamento degli uccelli.

Nel manoscritto infatti vi sono **progetti di macchine volanti**, descrizioni dei **movimenti alari** e della **fisionomia degli uccelli**, della **resistenza dell'aria** e delle **correnti**.

In questo Codice si trova il progetto del **Grande Nibbio**, l'elaborata macchina volante ideata da Leonardo e così chiamata in onore dell'uccello da cui aveva preso come ispirazione.

Per studiare i movimenti della macchina, Leonardo aveva progettato due uccelli meccanici: il **pipistrello meccanico** e la **Vite aerea** (quest'ultima considerata il precursore del moderno elicottero).

Il prezioso manoscritto ha lasciato l'Italia solo tre volte negli ultimi 120 anni, ma prima di allora ha avuto viaggi avventurosi. Trafugato da **Napoleone** e portato in Francia, venne poi trasferito in Inghilterra, suddiviso in fogli separati e persino fatto arrivare in Siberia prima di tornare in Italia, dove è stato riassembleato. Dal **1893** è custodito presso la **Biblioteca Reale** di Torino e non è visibile al pubblico.



la vite aerea



Ricostruzione del Grande Nibbio

Gli studi di idraulica e sulla turbolenza



Studi sulle turbolenze dell'acqua, Windsor Castle, Royal Library.

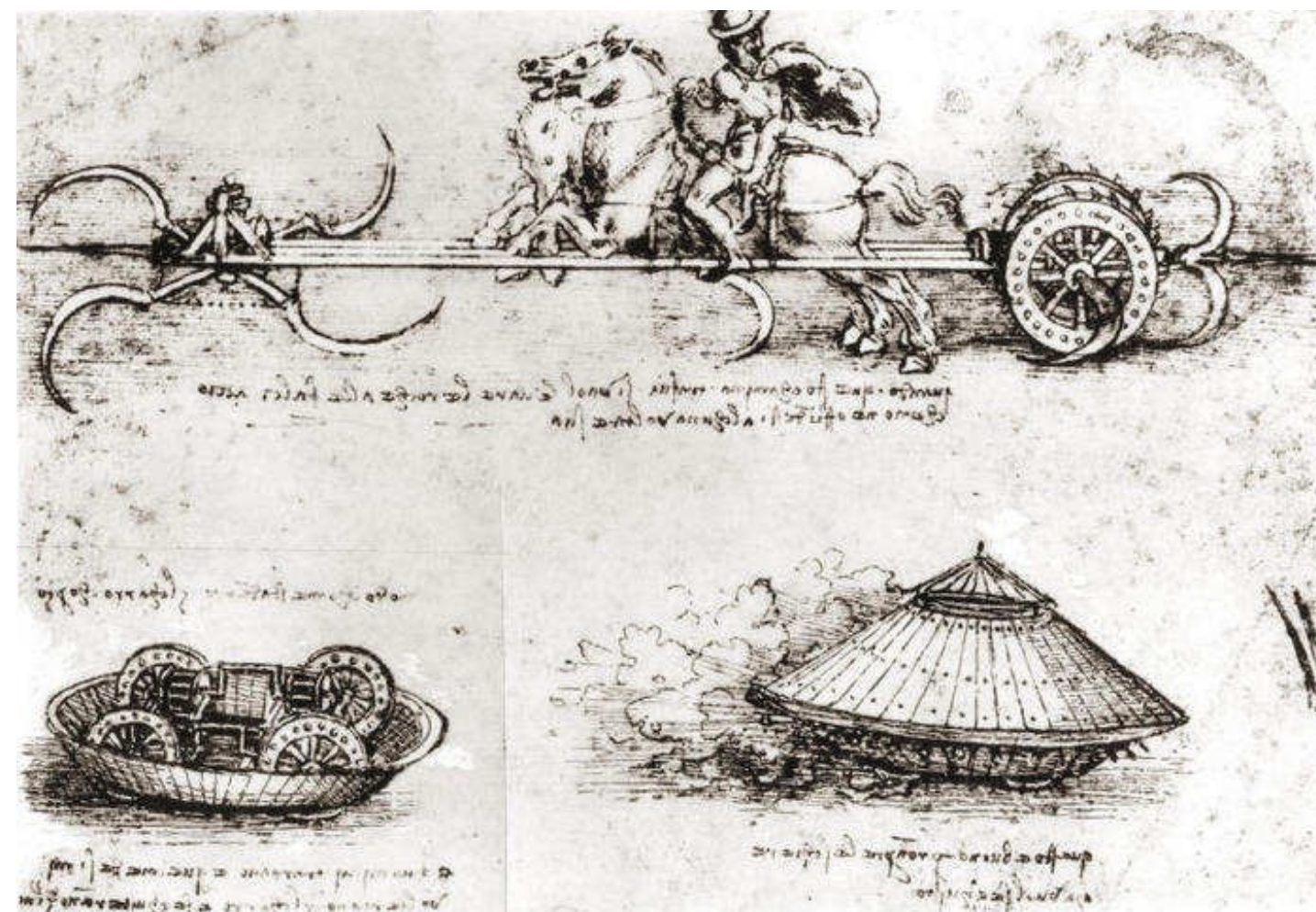
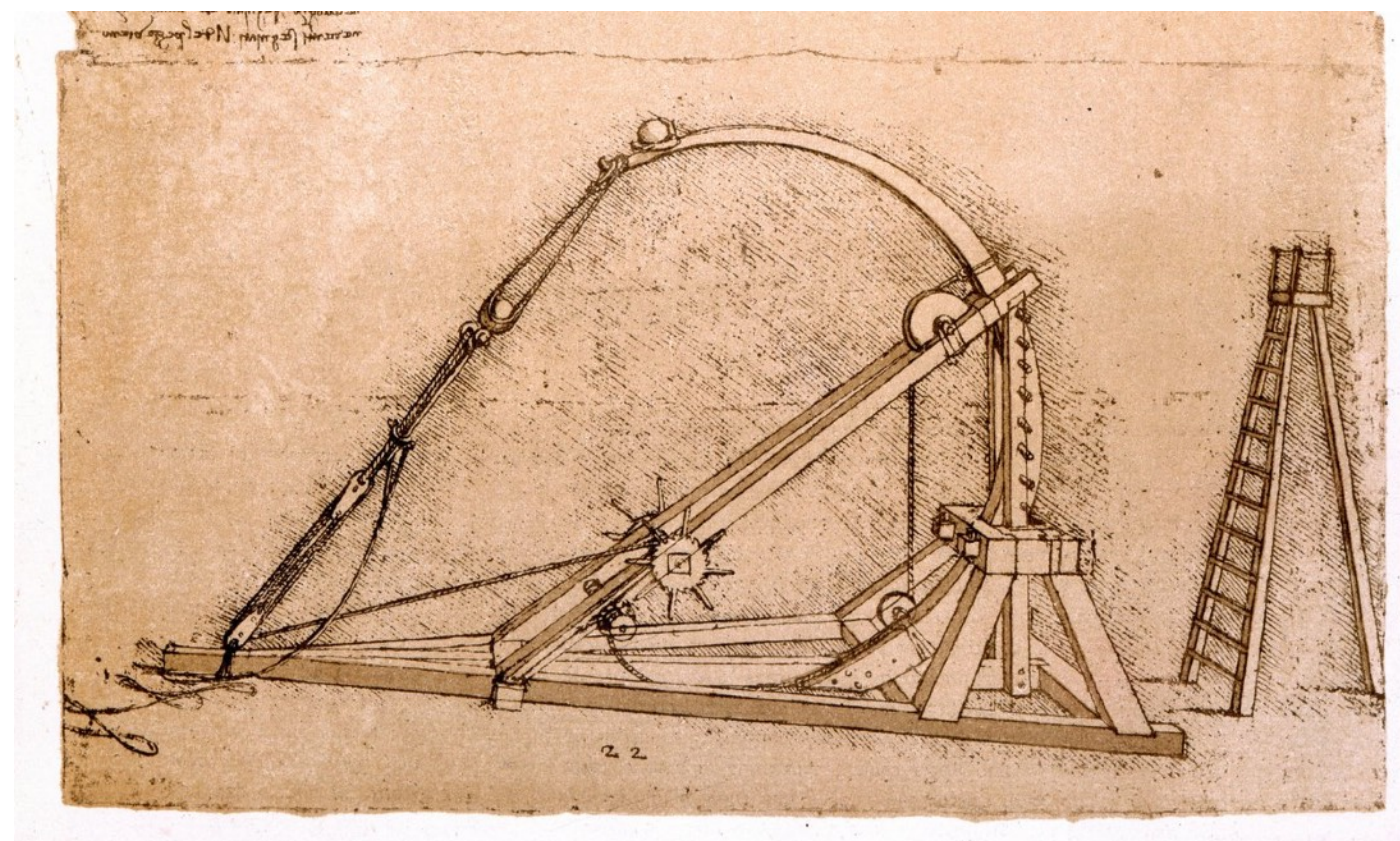
Tra il Quattrocento e il Cinquecento in Italia nasce una vera e propria tradizione di ricerca e pratica idraulica che crea anche presupposti per un nuovo rapporto tra il sapere e il saper fare, ed **è in questo ambito che si colloca il lavoro originale svolto da Leonardo e in particolare quello nel suo periodo milanese durante il quale proprio la mediazione tra sapere e saper fare è stata fondamentale.**

La sua notevole capacità manuale gli consente di fare una importante accelerazione in tale studio. Quello che lascia totalmente perplessi è come sia stato possibile per Leonardo, così ignaro delle conoscenze scientifiche, arrivare a rappresentare tali fenomeni con una precisione e con una raffinatezza nei particolari;

I disegni delle onde, dei vortici, dell'acqua che cade riportata poi ai movimenti dei fluidi umani (il sangue) sono rappresentazioni talmente precise e complete che solo oggi siamo in grado di eseguire grazie a tutta la strumentazione tecnologica a nostra disposizione.

Invece Leonardo è in grado di fare tutto questo attraverso il disegno; ricordiamo che è un uomo del Rinascimento dalle molteplici conoscenze e competenze e compensa la mancanza di quelle scientifiche con la raffinatezza e la precisione dell'osservazione cosa che gli consente di rappresentare perfettamente, moltissimi fenomeni naturali.

- Leonardo era un uomo curioso
- Un uomo che osservava con molta attenzione la natura e si faceva delle domande solo per il gusto di conoscere
- Leonardo utilizza l'osservazione ed il disegno come mezzo di indagine scientifica
- Riprendendo l'opera di Archimede, Leonardo costruisce anche macchine, spesso per uso bellico ma non solo, anticipando invenzioni e scoperte poi riprese solo diversi secoli dopo



Nel **Codice Atlantico** (foglio 1r), la più vasta raccolta di scritti e disegni di Leonardo, compilata tra il 1478 e il 1519 che copre una vasta gamma di argomenti: meccanica, anatomia, botanica, astronomia, arte e matematica, **Leonardo afferma che**

"nessuna umana investigazione si può dimandare vera scienza, s'essa non passa per le matematiche dimostrazioni"

Questa frase si può considerare il manifesto scientifico di Leonardo che anticipa l'interpretazione moderna del concetto di scienza

Qui Leonardo sta delineando un principio fondamentale:

- **La matematica come linguaggio universale della scienza:** secondo Leonardo, una teoria non può essere considerata scientifica se non può essere dimostrata attraverso metodi quantitativi e logici.
- **L'osservazione e la sperimentazione:** Leonardo non si limitava a speculazioni filosofiche, ma credeva fermamente che l'esperienza diretta e la verifica matematica fossero essenziali per ottenere conoscenze attendibili.

Questa visione era rivoluzionaria per l'epoca, poiché molti studiosi rinascimentali si affidavano ancora a modelli filosofici aristotelici o medievali, spesso privi di riscontri empirici.

Leonardo, pur non essendo formalmente un matematico, si circondò di esperti come **Luca Pacioli** (autore della *Summa de Arithmetica* e del *De Divina Proportione*) e applicò concetti geometrici e numerici ai suoi studi scientifici e artistici.

Leonardo quindi anticipa l'approccio scientifico che avrebbe preso forma solo un secolo dopo con Galileo Galilei (1564-1642) e il metodo sperimentale.

Le sue idee sulla matematica come chiave per decifrare la natura risuonano profondamente con la celebre affermazione galileiana:

"Il libro della natura è scritto in linguaggio matematico."

Molto interessante anche quest'altra frase di Leonardo da Vinci:

"Ma prima farò alcuna esperienza, avanti che io più oltre proceda, perché mia intenzione è allegare prima l'esperienza, e poi con la ragione dimostrare perché tale esperienza è costretta in tal modo ad operare."

che si trova nel **Trattato della Pittura**.

Questo testo è una raccolta postuma degli appunti di Leonardo, curata dai suoi allievi, in particolare **Francesco Melzi**. Non si tratta di un'opera organica scritta da Leonardo in un'unica soluzione, ma di una selezione dei suoi studi sull'arte, sulla prospettiva, sulla luce e sul colore, unita ai suoi principi scientifici e metodologici.

Con queste parole, Leonardo ribadisce il suo approccio empirico e scientifico all'arte e alla conoscenza in generale. Propone un metodo che si basa su due fasi fondamentali:

1. **L'esperienza diretta** — **Osservare e sperimentare prima di avanzare teorie.**
2. **La razionalizzazione** — **Usare la ragione per spiegare perché i fenomeni osservati avvengono in un certo modo.**

Questa frase anticipa chiaramente il **metodo scientifico** moderno, che sarà poi formalizzato da Galileo Galilei e altri scienziati del XVII secolo.

Leonardo ha dato contributi in molti campi come ad esempio nel **campo della geologia**. È stato tra i primi, infatti, a capire che cos'erano i fossili, e perché si trovavano fossili marini in cima alle montagne.

Contrariamente a quanto si riteneva fino a quel tempo, cioè che si trattasse della prova del diluvio universale, l'evento biblico che avrebbe sommerso tutta la terra, **Leonardo immaginò la circolazione delle masse d'acqua sulla terra, alla stregua della circolazione sanguigna, con un lento ma continuo ricambio**, arrivando quindi alla conclusione che i luoghi in cui affioravano i fossili, un tempo dovevano essere stati dei fondali marini.

Anche in **astronomia** ebbe intuizioni fondamentali, come sul calore del Sole, sullo scintillio delle stelle, sulla Terra, sulla Luna, sulla centralità del Sole, che ancora per tanti anni avrebbe suscitato contrasti e opposizioni.

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**.

Un video interessante di Massimo Polidoro

<https://www.youtube.com/watch?v=endis4QQC90>



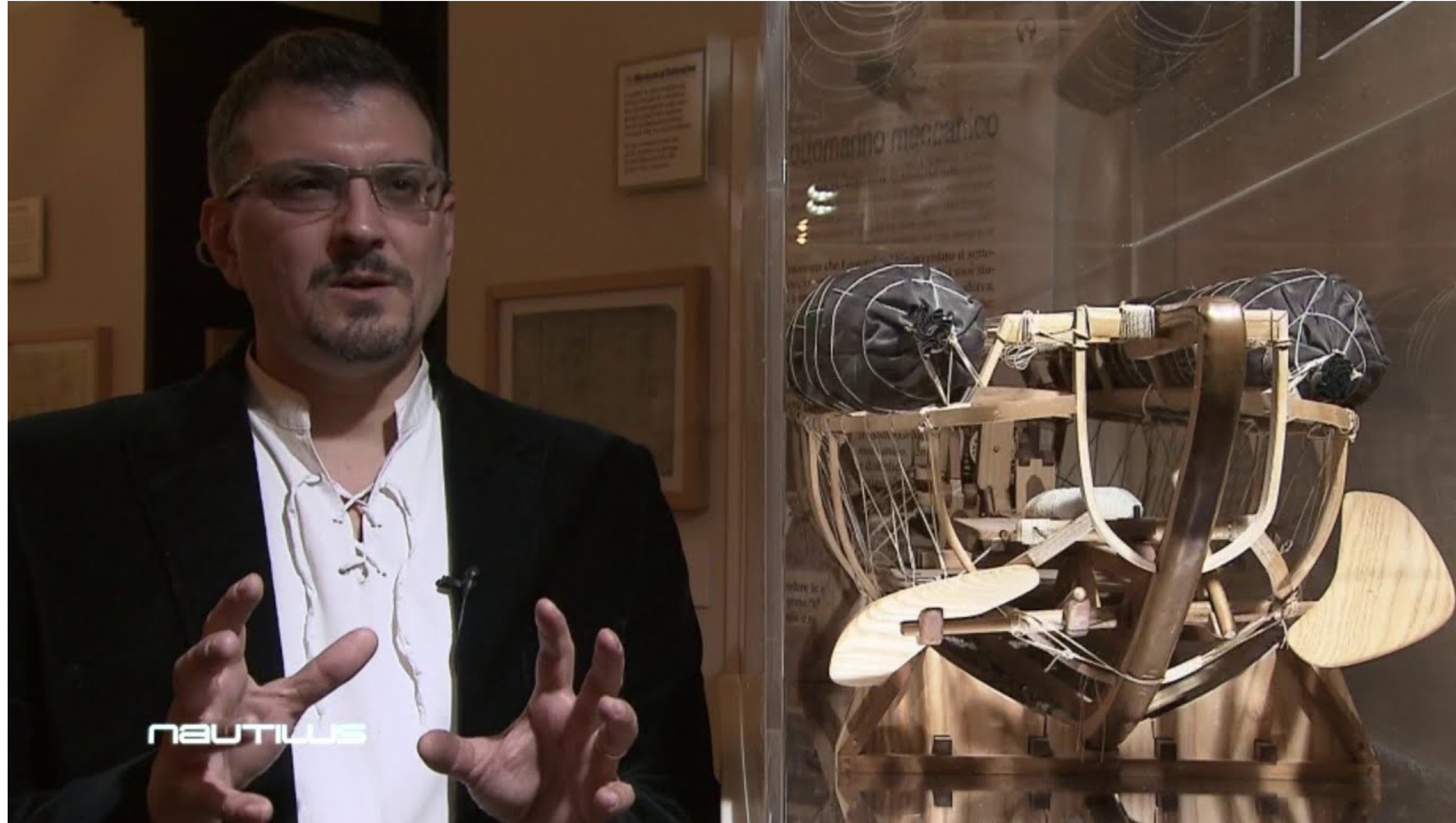
Leonardo da Vinci

Video su Leonardo. <https://www.youtube.com/watch?v=iTWP6Kiwqr8>



Le macchine di Leonardo

Link al video <https://www.youtube.com/watch?v=PLLXYKy0FGg>



L'analisi dell' opera scientifica di Leonardo, pur apparentemente tanto sviluppata, presenta tuttavia una serie di gravi problemi aperti, dovuti a vari motivi:

- 1) Leonardo scrisse una grande quantità di appunti per sé senza quasi mai ordinarli in vista della pubblicazione**
- 2) i suddetti appunti non sono generalmente datati: cioè, non è facile seguire il corso dell'evoluzione del suo pensiero**
- 3) gran parte dell'opera di Leonardo è stata dispersa in singoli fogli;**
- 4) moltissimi manoscritti sono andati perduti.**

I manoscritti scientifici di Leonardo, essendo spesso appunti personali, sono a volte di difficile interpretazione e altre volte, in contraddizione tra loro.

Una sicura ricostruzione del pensiero scientifico di Leonardo potrà essere fatta solo quando si sarà trovato (e applicato) un metodo per datare gli scritti di. (sullo stesso foglio, tra l'altro, ci sono annotazioni di tempi differenti) così da seguire il variare delle sue concezioni, dal falso al vero o, magari, dal vero al falso.

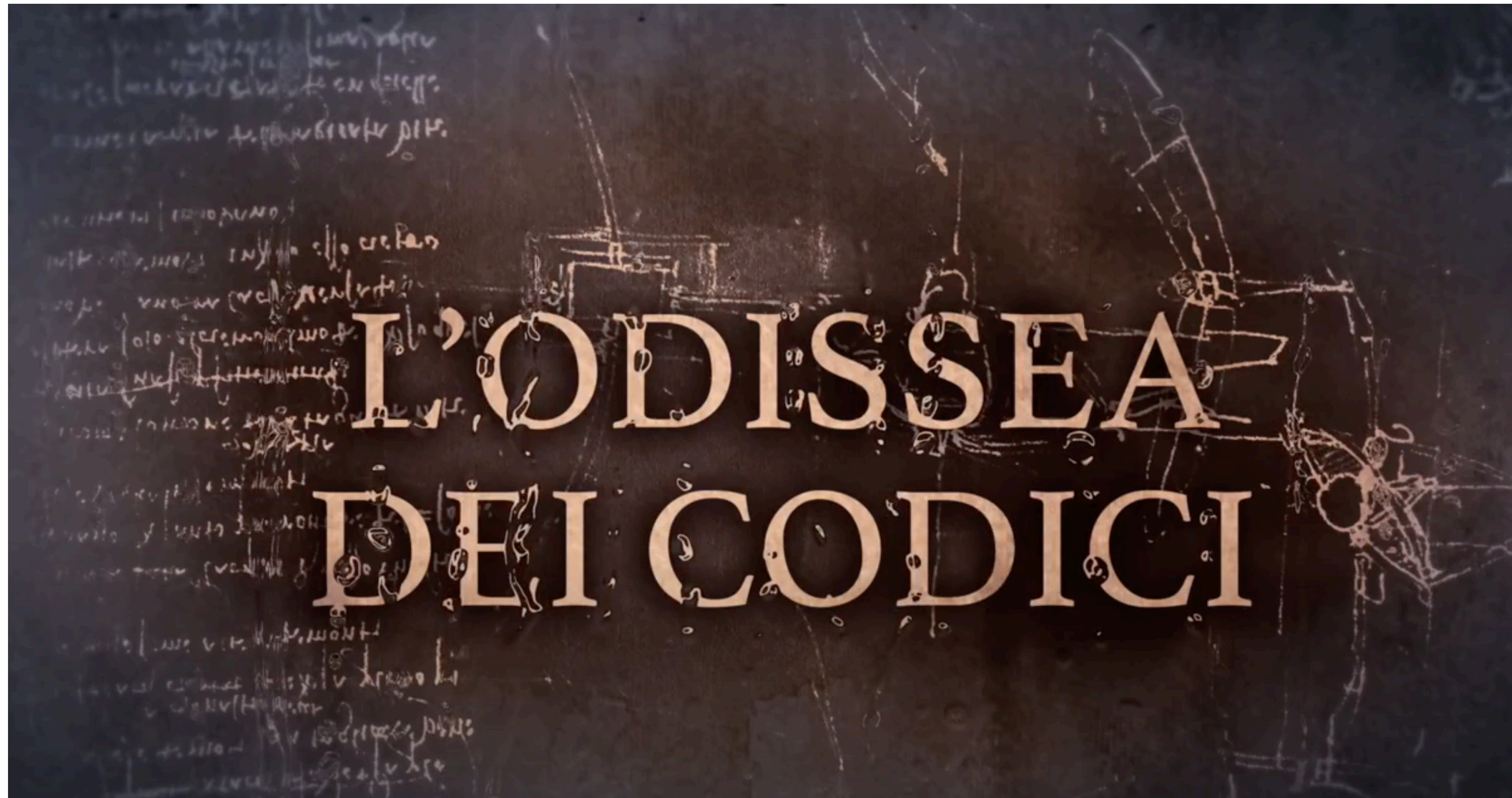
La genesi del codice atlantico

video https://www.youtube.com/watch?v=K9MGIY_bzzc

LA GENESI DEL CODICE ATLANTICO: **I FOGLI DI LEONARDO**

I codici perduti di Leonardo

video <https://www.youtube.com/watch?v=cxS83Gl4-YQ>



Per approfondire

1. Domenico Laurenza, *Leonardo, la scienza trasfigurata in arte*, Quaderni de Le Scienze (1999)
2. Massimo Polidoro, *Leonardo genio ribelle*, Piemme (2018)
3. Carlo Vecce - *Leonardo, la vita. Il ragazzo di Vinci, l'uomo universale, l'errante*, Giunti (2024)

