

**Zeitschrift:** Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

**Herausgeber:** Società Svizzera Ingegneri e Architetti

**Band:** - (2000)

**Heft:** 3

**Artikel:** Leonardo

**Autor:** [s.n.]

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-131954>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



# Leonardo

Leonardo da Vinci è celebrato come inventore di macchine e dispositivi che sarebbero divenuti patrimonio comune della cultura tecnica solo alcuni secoli dopo la sua morte.

Quando si osservi l'evoluzione delle tecniche a partire dalla fine del secolo XIV e per tutto il Quattrocento, si scopre viceversa che il fenomeno Leonardo rappresentò la logica conclusione di un processo di sviluppo dell'innovazione tecnica al quale contribuirono personalità di notevolissimo talento.

## Leonardo ingegnere (Vinci, 1452 - Amboise, 1519)

### *L'apprendistato*

Intorno al 1469 Leonardo si trasferisce, dalla nativa Vinci, a Firenze. Qui frequenta la bottega del Verrocchio, dove si producono raffinati prodotti artistici e audaci realizzazioni tecniche, come la collocazione nel 1472 dell'enorme sfera di rame sulla sommità della cupola di S. Maria del Fiore. Se Verrocchio è il maestro diretto, Brunelleschi è per Leonardo un maestro ideale. La lezione brunelleschiana è infatti riconoscibile negli studi tecnici giovanili di Leonardo.

### *I primi progetti*

La vite, elemento fondamentale nelle macchine brunelleschiane, trova larga applicazione nei primi progetti tecnici di Leonardo. La vite ricorre anche nei numerosi dispositivi idraulici per sollevare l'acqua. In questi studi la macchina è associata alle forze vive della natura; in particolare all'acqua corrente, il cui moto spiraliforme appare a Leonardo il corrispettivo naturale della vite. I progetti di un girarrosto automatico o di una intagliatrice di lime attestano la finalità strettamente pratica di questi primi progetti.

### *La lettera al Moro*

Nel 1482 Leonardo si trasferisce a Milano, dove resterà per quasi vent'anni al servizio di Ludovico il Moro. Nella lettera dello stesso anno con cui offre al Moro i propri servizi, a parte un breve cenno alle proprie capacità artistiche, Leonardo insiste

molto sulle proprie competenze tecniche. Ascoltiamo le sue parole: «So nell'assedio di una terra fare infiniti tipi di ponti, carri coperti per assaltare le mura e scale. Sono in grado di progettare bombarde facili da trasportare, capaci di atterrire e confondere il nemico generando una tempesta di sassi e polvere. Nel caso poi di una battaglia navale ho inventato molti strumenti di offesa e difesa e navi in grado di resistere ad ogni tipo di attacco. So costruire carri armati coperti, sicuri e invulnerabili, capaci di sfondare le fila del più agguerrito e numeroso esercito. Inoltre bombarde e mortai mai visti sinora, di forme belle oltre che utili; e ancora vari tipi di catapulte e altri strumenti».

### *Leonardo a Milano*

L'attività di Leonardo a Milano è attestata da codici e non più solo da fogli sciolti. Molti dei suoi studi appaiono veri e propri 'sogni tecnologici'. Intanto Leonardo inizia un periodo di intensa riflessione sulle vie d'acqua, che nel territorio milanese presentano un rilievo straordinario. L'incontro con Francesco di Giorgio a Pavia nel 1490 è molto importante per la sua formazione.

### *La svolta teorica*

Intorno al 1490 Leonardo progetta di scrivere un «trattato dell'acqua», che considera premessa necessaria per la soluzione di problemi di ingegneria idraulica. Analogamente l'anatomia gli appare come il fondamento indispensabile della raffigurazione della figura umana. Leonardo si sforza di rovesciare l'approccio empirico della tradizione di bottega. La geometria gli appare come uno strumento capace di unificare i campi di ricerca diversi: dalla meccanica alla botanica, dall'idraulica all'anatomia. Contemporaneamente Leonardo studia il latino e s'impegna in un'opera di assimilazione del sapere tradizionale. Tuttavia molti studi tecnici di questi anni si configurano ancora come soluzioni di problemi specifici, come gli studi per la fusione in bronzo del cavallo per il monumento Sforza.

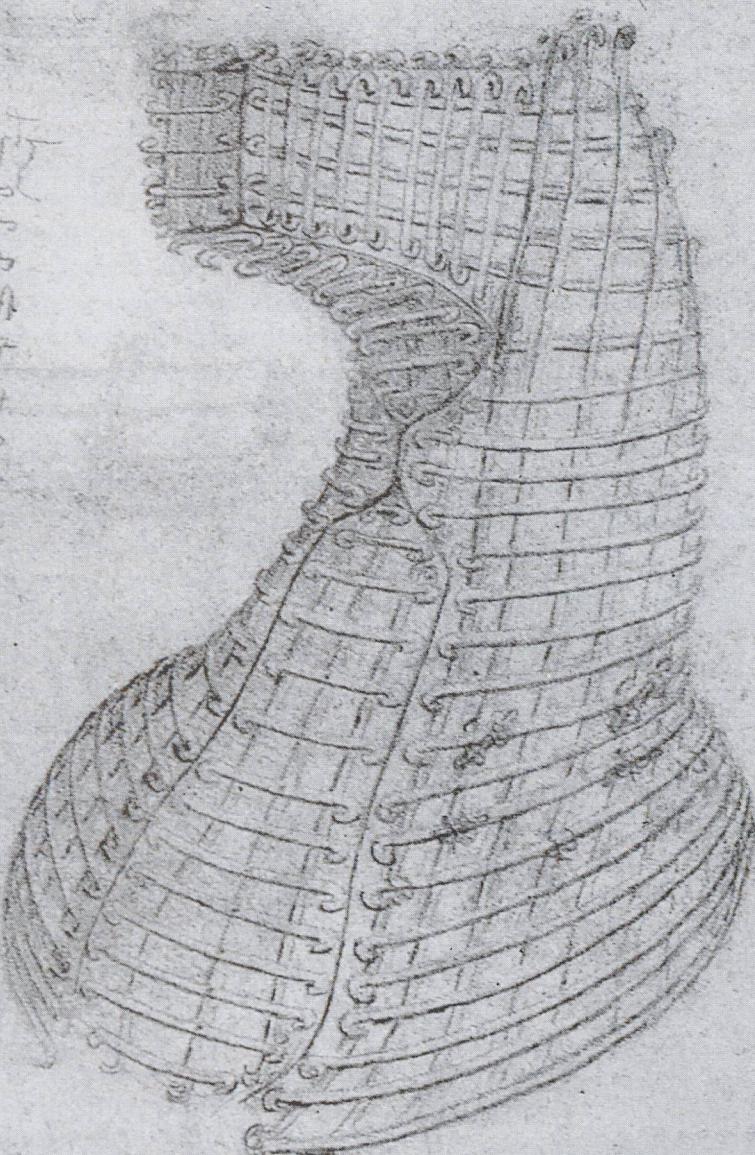
157

157

in foro altissimo et alto ergo effundetur auro et nichil regi. anno 1. 1530.

Mauritius - Venetianus

in foro altissimo et alto ergo effundetur auro et nichil regi. anno 1. 1530.



in foro altissimo et alto ergo effundetur auro et nichil regi. anno 1. 1530.

Leonardo da Vinci, gabbia per la fusione della testa del cavallo del monumento Sforza

## Dopo Milano. Un periodo turbinoso

Nel 1499 l'armata francese pone fine alla dominazione sforzesca. Leonardo lascia Milano. Nel 1500 è a Venezia assieme a Luca Pacioli, al quale deve molte delle sue conoscenze di matematica e geometria. L'anno successivo è a Firenze, dove si dedica soprattutto a studi di geometria. Nel 1502 lascia Firenze per assistere come ingegnere militare Cesare Borgia, il famigerato Valentino, impegnato in una campagna militare nell'Italia Centrale. Per ragioni strategiche realizza la straordinaria mappa di Imola. Nel 1503 è di nuovo a Firenze, che è in guerra contro Pisa. Leonardo progetta di deviare il corso dell'Arno in modo da allagare la città nemica. Compila in questi anni anche il *Codice sul volo degli uccelli*.

## Gli ultimi anni

Nel 1508 Leonardo lascia definitivamente Firenze. La propensione teorica si accentua fortemente negli ultimi anni di vita. La meccanica, l'anatomia, la geologia sono studiate in stretta interconnessione, e viste come dipendenti da leggi universali. Il corpo umano viene concepito come un insieme di meccanismi perfetti – esattamente come la grande macchina della Terra. Continuo è il suo interesse per la geometria. Lo attirano in particolare le trasformazioni tra superfici di differenti figure geometriche, che applica all'idrologia e agli studi del cuore. Nel 1513 si trasferisce a Roma dove studia la bonifica dell'agro pontino e progetta macchine per fabbricare le funi. Accettando l'invito del re Francesco I, nel 1516 si trasferisce in Francia dove, venerato come un «grandissimo filosofo», muore ad Amboise il 2 maggio 1519.

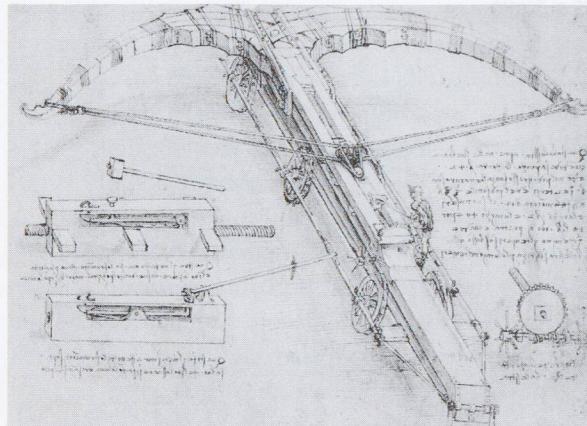
## I manoscritti di Leonardo

### La grafia di Leonardo

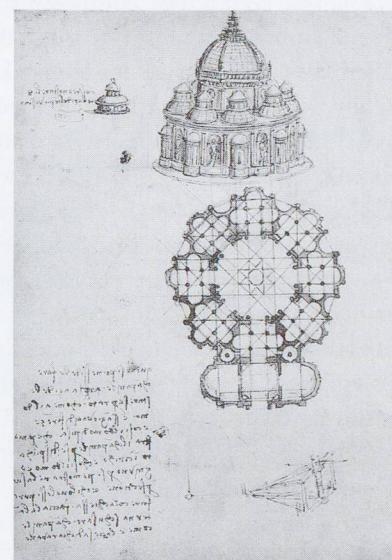
Leonardo scrive abitualmente con la sinistra, compilando la pagina a partire dal margine destro. Usando lo specchio, la sua scrittura torna ad assumere il carattere per noi abituale. La sua grafia si modifica nel tempo, passando dalle forme eleganti e barocche degli anni giovanili, allo stile nitido e regolarmente spaziato degli anni maturi. Negli ultimi anni appare nervosa, stenografica e a volte sciatta.

### L'eredità letteraria

Alcuni dei manoscritti vinciani pervenutici conservano la composizione originaria, mentre altri, come il *Codice Arundel* e il *Codice Atlantico*, sono il risultato dell'assemblaggio, dopo la morte di Leonardo, di fascicoli originali, smembrati da collezionisti per formare raccolte di fogli tematicamente omogenee.



Leonardo da Vinci, balestra con sistema di caricamento a leva e a vite



Leonardo da Vinci, chiesa a pianta centrale

Dei codici originali alcuni, come il *Manoscritto D*, sono quaderni compilati in forma relativamente ordinata; altri, come il *Codice Forster III*, sono invece taccuini di formato tascabile, riempiti di note e disegni senza ordine.

### La compilazione dei codici

Quasi sempre Leonardo inizia la compilazione del codice partendo da quella che per noi è l'ultima pagina. Spesso, come nel *Codice Leicester*, utilizza fogli scolti che solo successivamente riunisce in forma di codice. A volte, come nel *Codice sul volo degli uccelli*, una prima utilizzazione del fascicolo per disegni botanici e anatomici è seguita a breve distanza da un riutilizzo per appunti diversi, che si sovrappongono alle registrazioni iniziali.

Raramente un foglio o un codice di Leonardo costituiscono un testo organico e coerente. L'unica eccezione è il *Codice di Madrid I*, che in alcune sue parti evidenzia il tentativo di stendere un organico trattato di meccanica.

## Gli studi sul volo

### *Macchine volanti ad ali battenti*

In una prima fase della sua ricerca Leonardo progetta complesse macchine volanti ad ali battenti. Motore della macchina è la forza muscolare dell'uomo, che, in posizione prona, aziona le ali col movimento di gambe e braccia. Progetta anche una macchina volante azionata mediante braccia, gambe e testa da un pilota in posizione verticale. Pensa inoltre di utilizzare un motore a molle ricaricabile in volo. Progetta voli sperimentali e disegna sistemi di sicurezza, in caso di caduta, costituiti da otri gonfi d'aria o da ammortizzatori.

### *Il volo a vela*

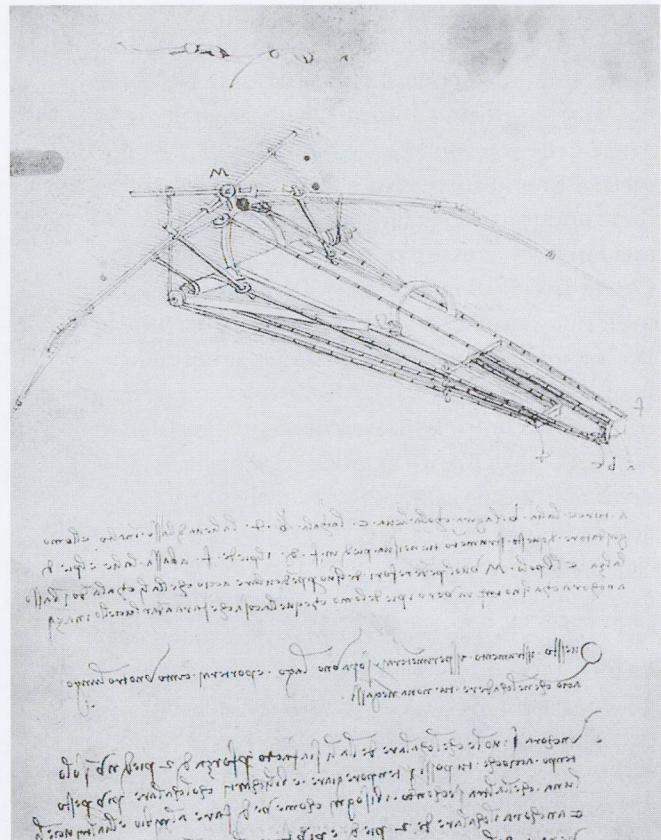
Il *Codice sul volo degli uccelli*, composto intorno al 1506, segna l'inizio di una seconda fase di ricerca. L'insufficienza della forza umana spinge Leonardo a concentrare l'attenzione sul volo dei volatili. Osserva così che più che dipendere dal battito delle ali gli uccelli sfruttano le correnti aeree e il vento. Studia allora le tecniche con le quali l'uccello, utilizzando le correnti di aria, mantiene l'equilibrio grazie al movimento di ali e coda. Contemporaneamente anatomizza l'ala dei volatili, evidenziando la funzione di freno svolta dall'alula. Come conseguenza di questi studi, le macchine ad ali battenti sono sostituite da progetti di volo a vela. Leonardo studia ali meccaniche capaci di emulare i moti complessi dell'ala dell'uccello.

### *L'aria e il vento*

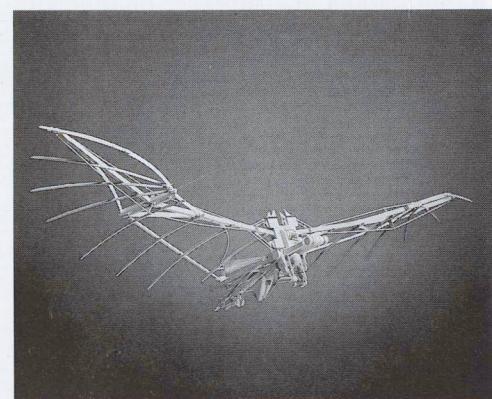
Gli studi di aerologia e meteorologia sono parte integrante della ricerca leonardiana sul volo. Leonardo progetta anemometri e igroscopi, per misurare la resistenza dell'aria al volo. L'aria è assimilata all'acqua, il volo al nuoto. Come nel nuoto, nel volo ad ali battenti il corpo avanza esercitando una spinta in senso contrario. In una delle macchine volanti lo scafo ospitante il pilota ha la forma di una barca. Infine il pesce rondine, capace sia di nuoto che di volo, appare a Leonardo come la prova vivente dell'analogia che lega tutti gli esseri della natura.

### *Macchina volante*

Negli studi di Leonardo sul volo meccanico si osserva lo sforzo di combinare in maniera ottimale molti dispositivi meccanici elementari: carrucole, manovelle, ruote dentate, giunti, diversi tipi di trasmissione, poli di grande resistenza e ammortizzatori.



Leonardo da Vinci, macchina volante



## L'anatomia

### I primi studi

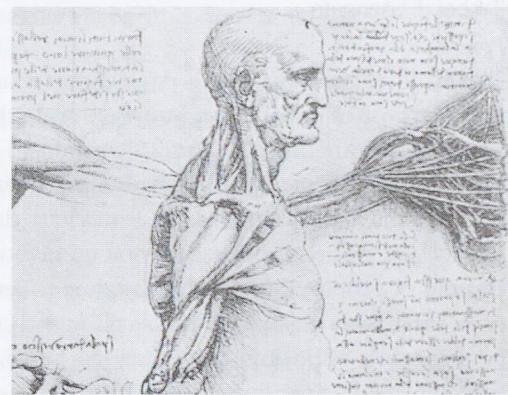
La più antica traccia dell'anatomia di Leonardo è in un dipinto, il San Gerolamo, degli anni giovanili: collo e spalla rivelano già una certa conoscenza dell'anatomia muscolare. Mentre gli artisti contemporanei, come Michelangelo, si limitano all'anatomia superficiale, Leonardo estende la ricerca alle parti più profonde del corpo. Gli studi dei visceri di un cavallo e del midollo spinale di una rana provano come in questa fase egli ricorra alla dissezione animale. In una serie di disegni analizza le misure interne del cranio. Cerca anche di localizzare le facoltà psichiche all'interno di tre cavità circolari intracerebrali. Influenzato dalla tradizione, immagina i nervi come tubi attraversati da flussi aerei che provocano la contrazione dei muscoli per gonfiamento.

### Anatomia e meccanica

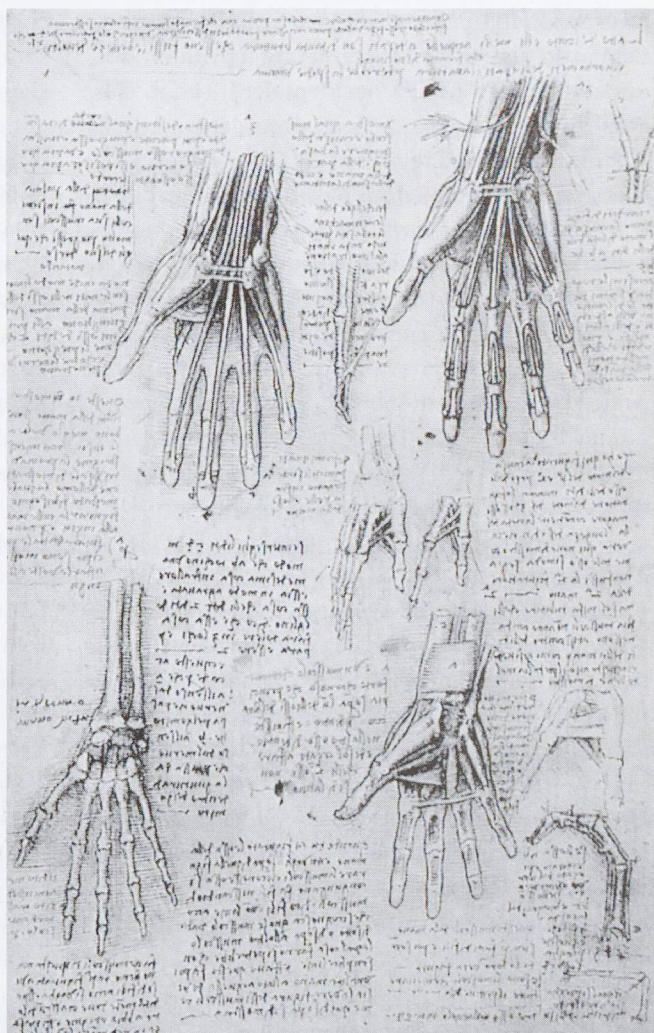
Leonardo riprende gli studi anatomici intorno al 1510, dopo un'interruzione di circa dieci anni. Gli studi di meccanica influenzano la sua tarda anatomia. Le articolazioni del corpo sono analizzate come giunti semiarticolati sottoposti alle leggi della leva. Il sistematico ricorso alla dissezione lo pone di fronte all'enorme complessità dei dati anatomici. È convinto che ogni struttura anatomicica abbia una precisa funzione: nulla dunque va trascurato nella rappresentazione. Ricorre a sistemi illustrativi innovativi già utilizzati per le macchine: dalla rappresentazione in trasparenza con i contorni integrali alla veduta esplosa, dalla veduta del corpo da differenti punti di vista alla raffigurazione dei muscoli come linee di forza.

### Analogie naturali

Anche gli studi di idrodinamica influenzarono l'anatomia vinciana. I sistemi cardiocircolatorio e respiratorio e l'apparato urogenitale sono studiati come sistemi di canali attraversati da fluidi in movimento. Il passaggio del sangue attraverso le valvole cardiache forma vortici analoghi a quelli generati dall'acqua in una strettoia. I fiumi sotterranei sono assimilati alle vene del corpo umano: l'acqua da essi trasportata reca nutrimento al corpo della Terra, come il sangue al corpo dell'uomo. Il feto cresce immerso nel liquido amniotico come i continenti terrestri crescono emergendo dai mari che li circondano. I principi che regolano le ramificazioni dei vasi sanguigni sono paragonati a quelli che governano le ramificazioni degli alberi. Il cuore genera i vasi come un nocciolo la pianta.



Leonardo da Vinci, studi di articolazioni dell'arto superiore



Leonardo da Vinci, studi anatomici della mano

## Il robot di Leonardo

### *I primi automi*

Leonardo trasse ispirazione dagli autori classici. Ctesibio costruì il primo organo e un orologio ad acqua con figure mobili. Erone Alessandrino concepì automi per spettacoli teatrali e per funzioni religiose. La tradizione greca fu resuscitata da Vitruvio, che descrisse diversi automi ed elaborò il canone di proporzione fondamentale per l'estetica e l'anatomia classiche. Anche gli autori arabi concepirono dispositivi complessi. Al Jazari, per esempio, elaborò numerosi progetti, tra i quali quello della toilette con scarico d'acqua.

### *Il robot di Leonardo*

Intorno al 1495, prima di dedicarsi all'Ultima cena, Leonardo progettò e fece costruire il primo robot umanoide della Civiltà occidentale. Il robot, che costituiva lo sviluppo dei suoi precedenti studi di anatomia e cinetica registrati nel *Codice Huygens*, rispettava nelle proporzioni il canone vitruviano. Il robot, che presentava l'aspetto di un cavaliere con armatura di stile italo-tedesco, si alzava, agitava le mani e girava la testa grazie a un collo flessibile. Poteva inoltre aprire e chiudere la maschera. Probabilmente emetteva suoni accompagnati dal rullio di tamburi automatici. Il robot influenzò i più tardi studi di anatomia di Leonardo, nei quali modellò gli arti dell'uomo mediante corde, in modo da simulare i tendini e i muscoli.

### *Dentro il robot*

Il robot consisteva di due sistemi indipendenti: arti inferiori, caviglie, ginocchia e anche con tre gradi di movimento; braccia con spalle articolate, gomiti, polsi e mani con quattro gradi di movimento. La disposizione degli arti superiori indica che le braccia erano progettate per muoversi all'unisono. Un programmatore meccanico nel petto azionava le braccia. Le gambe erano azionate da un manovellismo esterno mediante una corda che era opportunamente collegata alla caviglia, al ginocchio e all'anca.

### *La robotica contemporanea*

La robotica contemporanea è caratterizzata da una concezione meccanicistica e non è – come voleva Leonardo – a misura d'uomo. Nel ventesimo secolo, i robot specializzati sono venuti trasformandosi in macchine multiuso. I primi robot dipendevano da componenti derivati dalle macchine operatrici. Essi erano di notevoli dimensioni, pesanti, immobili, rigidi, ciechi e del tutto privi di analogia con l'uomo. Il funzionamento di questi robot dipendeva dall'uomo.

Una diversa categoria è rappresentata dai robot controllati a distanza, concepiti per la prima volta negli anni Quaranta al Laboratorio Nazionale di Argonne negli Stati Uniti.

### *Il robot umanoide*

Un vero «uomo meccanico» implica un diverso paradigma, simile a quello suggerito dalle concezioni umanistiche di Leonardo.

Dal paradigma vinciano ha tratto ispirazione il lavoro di Mark Rosheim sui robot umanoidi, nei quali è stato rispettato il canone di proporzione stabilito da Leonardo.

Muscoli in miniatura, dotati di sensori per controllarne la posizione e le prestazioni, sostituiscono le corde usate da Leonardo. Nuovi giunti universali sono stati progettati per il robot umanoide di Rosheim: un giunto universale per la spina dorsale, giunti universali collegati alla clavicola e per le spalle, giunti con trasmissione a ingranaggi per i gomiti, giunti universali per i polsi, infine nocche articolate e pollice opponibile per la mano.

Il lavoro di Rosheim è culminato nel robot umanoide con 43 assi di movimento costruito per il Centro Spaziale Johnson della NASA e destinato alla stazione spaziale Freedom. Così la visione di Leonardo supera i confini del nostro Pianeta, illuminandoci la strada dell'esplorazione dell'universo.

### *Il robot di Leonardo*

L'inaudito sforzo di automazione compiuto da Leonardo raggiunge il culmine nel progetto di un robot umanoide concepito a Milano nel 1495, probabilmente per qualche festa della corte sforzesca. Nel robot viene esaltata quell'analogia diretta tra macchina e uomo che Leonardo evidenzia continuamente negli studi anatomici.

### *L'anatomia delle macchine*

L'aspetto più innovativo del contributo tecnologico di Leonardo è l'analisi alla quale sottomette gli organi delle macchine a partire dall'ultimo decennio del Quattrocento. Egli considera la macchina come il risultato dell'assemblaggio di una serie di dispositivi elementari. Leonardo scomponne le macchine nei loro «organi» fondamentali, studiandone le caratteristiche e il rendimento.

### *La vite e la ruota dentata*

Leonardo classifica accuratamente la vite, sforzandosi di misurarne la potenza e di precisarne le molteplici possibilità di impiego. Disegna anche due macchine per filettare le viti.

Egli dedica inoltre particolare attenzione alla ruota

dentata, fermando l'attenzione sul profilo dei denti e classificando accuratamente i diversi tipi di movimento prodotti dalla variata combinazione di ruote dentate, ruote a pioli e rocchetti.

#### *Pulegge, taglie, assi e cuscinetti*

Leonardo sottolinea i vantaggi che derivano dal sapiente impiego di taglie e pulegge, soprattutto per facilitare il sollevamento di pesanti carichi. Egli analizza inoltre diversi tipi di sostegni per assi e alberi in movimento, soprattutto al fine di limitare l'incidenza degli attriti. Particolare rilievo presentano i suoi progetti di cuscinetto a sfere per asse verticale e di cuscinetto a sfere reggispinta. A quest'ultimo ricorre per facilitare il funzionamento del martinetto a vite.

#### *Meccanismi biella-manovella e volani*

Leonardo suggerisce di utilizzare il meccanismo manovella-biella per trasformare un moto rotatorio in movimento alternato, come nella bobina dell'avvolgitrice automatica del *Codice di Madrid 1*. Notevole appare anche la sua riflessione sulle funzioni dei volani per facilitare e regolarizzare il movimento degli assi ruotanti.

#### *Molle e camme*

Leonardo disegna un vero e proprio catalogo visivo delle molle. Egli ne suggerisce l'impiego per le serrature e come motori per orologi, preoccupandosi di mettere a punto soluzioni per regola-

rizzarne la spinta. Disegna anche una macchina per fabbricare le molle.

Il suo interesse per le camme risponde alla medesima volontà di perfezionare e regolarizzare il movimento degli orologi, come mostrano i suoi studi di scappamento a pendolo e a ventola con camma sinusoidale.

#### *Catene, trasmissione a corda e a cinghia e ammortizzatori*

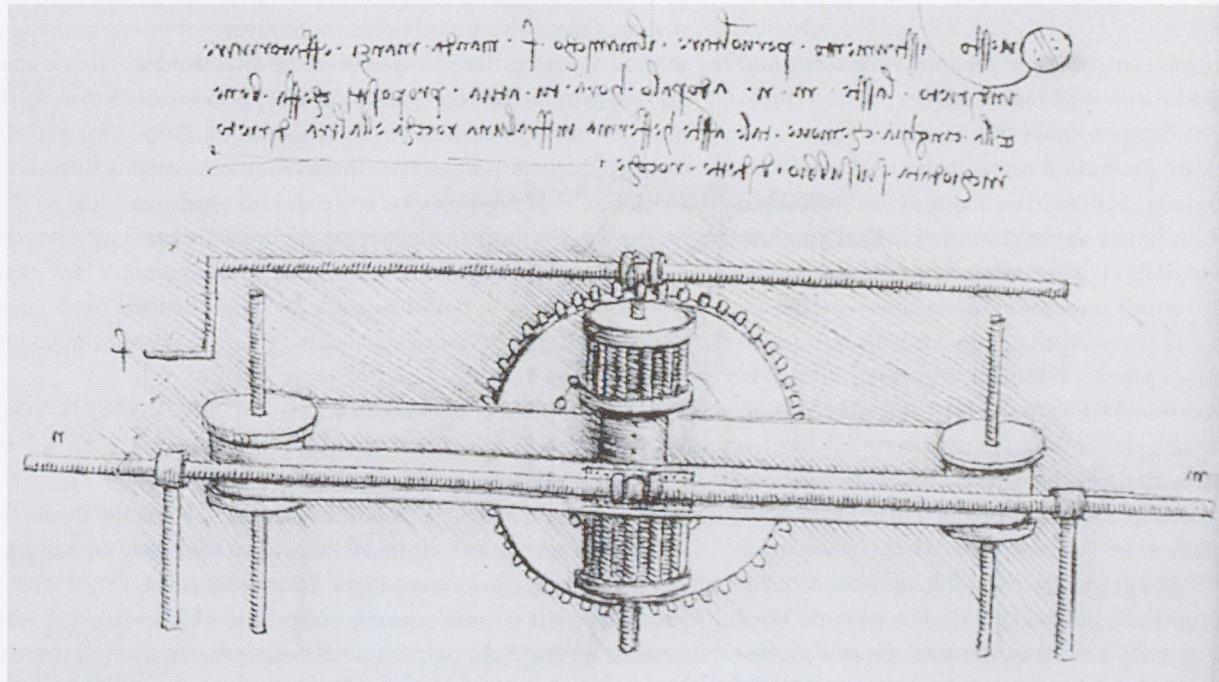
Leonardo produce un catalogo visivo di diversi tipi di catene, che egli suggerisce di impiegare per sollevare carichi pesanti. Egli propone inoltre di utilizzare corde e cinghie per la trasmissione del moto circolare. Infine, progetta degli ammortizzatori per attenuare l'impatto a terra della macchina volante.

#### *Ponte retrattile*

Leonardo ha dedicato notevole attenzione a ponti componibili e retrattili. Questo progetto, di notevole complessità, rappresenta con ogni probabilità una soluzione ideata per impedire a ospiti indesiderati l'accesso alla villa, protetta da un fossato, del Governatore francese di Milano, Charles d'Amboise.

#### *Trasmissione a cinghia*

Leonardo utilizza talvolta corde e cinghie per derivare da un moto circolare continuo – quale quello prodotto da una ruota idraulica o da un animale – moti alternativi circolari o rettilinei.



Leonardo da Vinci, trasmissione del movimento mediante cinghie