



Leonardo e la Fisica del Volo

Guido Masiello
Università degli Studi della Basilicata

*Anchiano, 15 aprile 1452
+Amboise, 2 maggio 1519

Ricordi Personali (1971)



The collage features several sketches of Leonardo da Vinci's inventions, including a flying machine, a bicycle, a helicopter, a parachute, and a crane. In the center is the movie poster for 'Leonardo', which depicts Leonardo da Vinci with a red beard and a red border. The poster includes the text 'LUCES', 'REGIA DI RENATO CASTELLANI', and the title 'Leonardo' in large yellow letters.



Fisica del Volo

- Dinamica dei Fluidi

$$F_A = -\rho_f V g$$

$$dp = -\rho g dh$$

$$p + \rho \frac{v^2}{2} + \rho gh = \text{costante}$$

Legge di Archimede

Legge di Stevino

Teorema di Bernoulli

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho \left(\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} v_x + \frac{\partial^2}{\partial y^2} v_y + \frac{\partial^2}{\partial z^2} v_z \right) + b_x \\ \rho \left(\frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} v_x + \frac{\partial^2}{\partial y^2} v_y + \frac{\partial^2}{\partial z^2} v_z \right) + b_y \\ \rho \left(\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} v_x + \frac{\partial^2}{\partial y^2} v_y + \frac{\partial^2}{\partial z^2} v_z \right) + b_z \end{array} \right.$$

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$$

Equazioni di Navier Stokes

Scherzo da Nerd!

- Dinamica dei Fluidi

$$F_A = -\rho_f V g$$

Legge di Archimede

Legge di Stevino

Teorema di Bernoulli

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho \left(\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} \right) + \rho \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \right) + b_x \\ \rho \left(\frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_y}{\partial z} \right) + \rho \left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial z^2} \right) + b_y \\ \rho \left(\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) + \rho \left(\frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right) + b_z \end{array} \right.$$

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$$

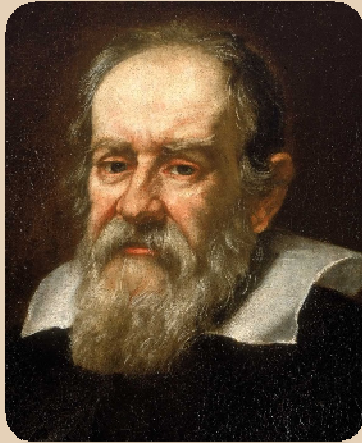
Equazioni di Navier Stokes

Leonardo si arrabbierebbe

operare». ¹⁷ L'osservazione contenuta nel *Codice sul volo degli uccelli* – «l'uccello è strumento operante per legge matematica» – ha carattere universale, nel senso che per Leonardo – e questa concezione del metodo sperimentale lo accomuna a Galileo – tutta la natura è intesa di leggi matematiche, onde «nessuna umana investigazione si può

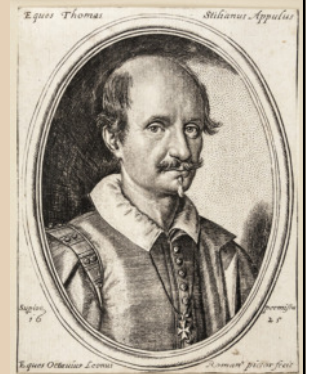
«La meccanica è il paradiso della matematica perché qui se ne possono cogliere i frutti. Non c'è certezza nella scienza se la matematica non può esservi applicata, o se non vi è comunque in relazione.»

Galileo Galilei



* Pisa, 1564
+ Arcetri, 1642

- «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.»
- Il Saggiatore (1623),
- Edizione a cura di Tommaso Stigliani (Matera, 1573 – Roma, 1651)



I moti naturali di Aristotele



*384 AC, Stagira
+322 AC, Calcide

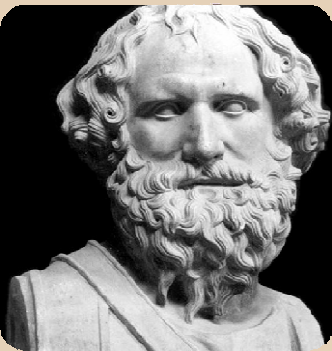
- Per Aristotele la Terra è il centro dell'Universo
- I Corpi celesti possono sono descritti dalla matematica.
- Gli eventi fisici, e le trasformazioni in generale, no
- Lo spazio non può essere vuoto, né isotropo né omogeneo:
- Ogni corpo tende al suo luogo "naturale"

La piuma e il martello... sulla Luna



- Apollo 15, 1971
- <https://www.youtube.com/watch?v=xF8hEUKjauY>

Archimede



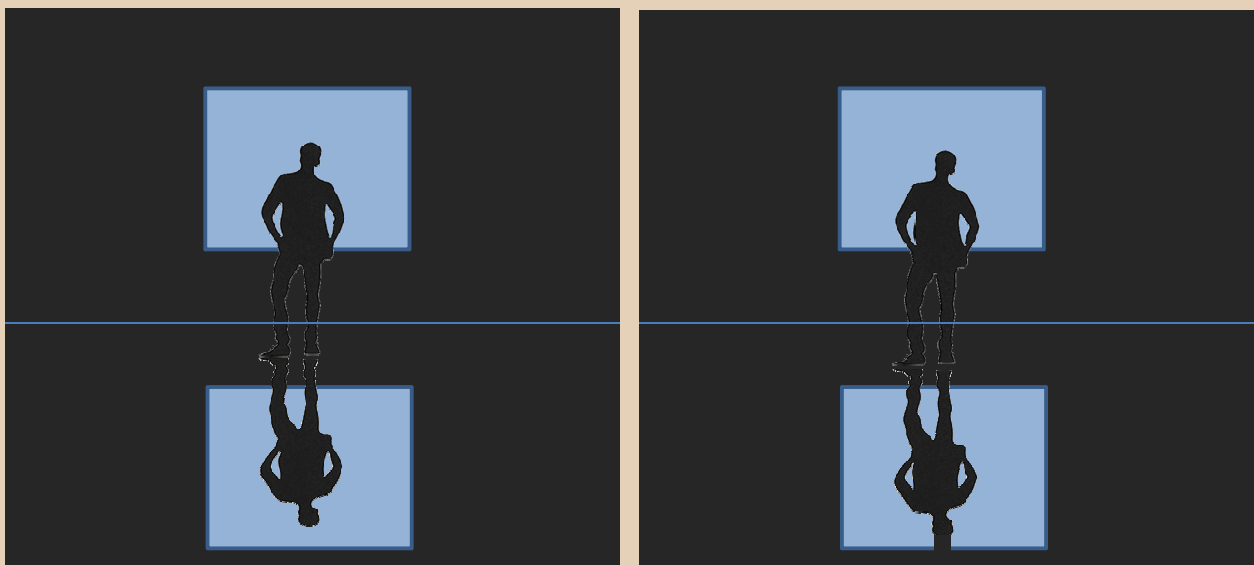
* Siracusa, 287 a.C.

+ Siracusa, 212 a.C.

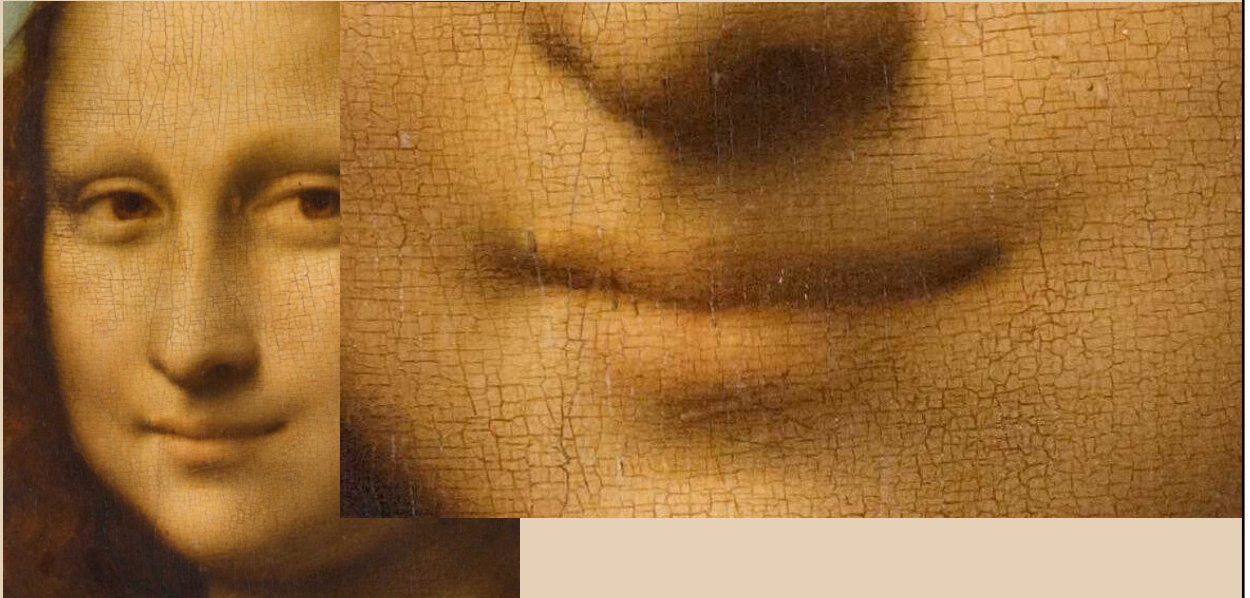
- Matematico e Fisico,
 - Le sue opere rappresentano il massimo raggiungimento della scienza dell'antichità
- Meccanica
 - Principio della leva
«*Dammi dove appoggiarmi e sposterò la terra!*»
 - Manus Ferrea
- Ottica
 - Riflessione
 - Specchi ustori
- Meccanica dei Fluidi
 - Vite di Archimede
 - Principio di Archimede

Leonardo e la Diffrazione

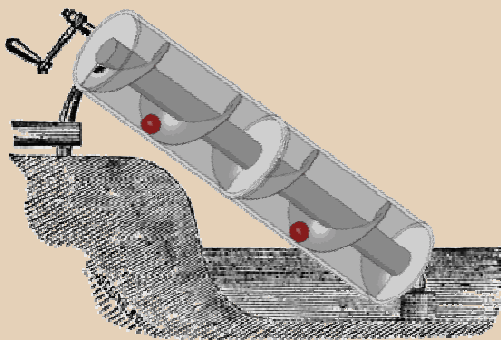
- Le onde sanno aggirare gli ostacoli.
- Leonardo fu il primo a osservare dei fenomeni di diffrazione in ottica



La diffrazione e lo sfumato

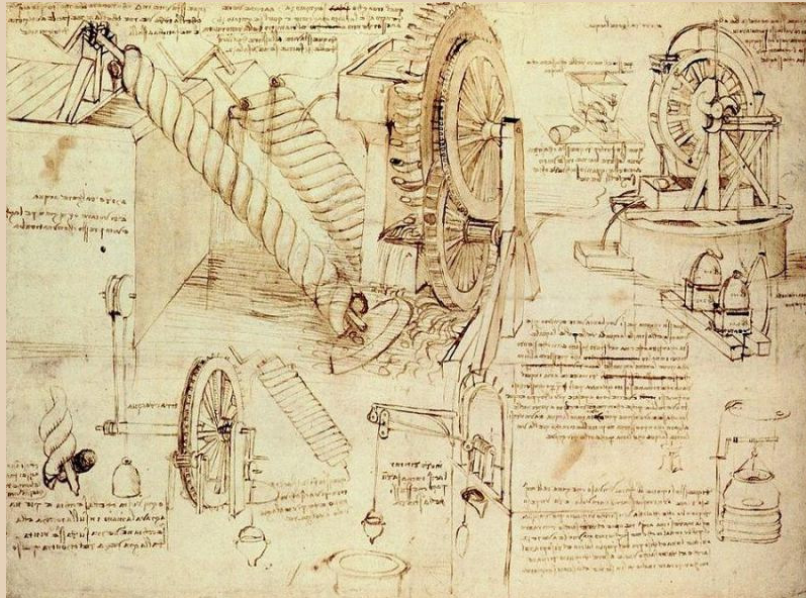


Vite di Archimede



- E' una macchina semplice per sollevare un liquido (ad esempio acqua) o un materiale granulare (ad esempio sabbia)
- Attribuita ad Archimede
- Forse antecedente
 - utilizzata per irrigare i giardini pensili di Babilonia.
- Archimede, ad Alessandria d'Egitto per studi, avrebbe importato in Italia tale strumento già conosciuto in area medio-orientale

... e di Leonardo



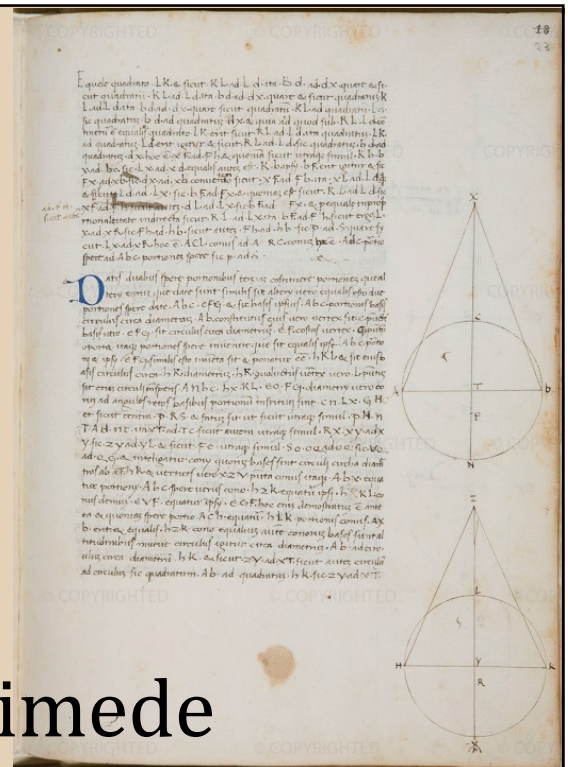
Principio di Archimede



- **Principio Idrostatico**
- *«Un corpo immerso in un fluido riceve una spinta verticale, dal basso verso l'alto, di intensità pari al peso di una massa di fluido di volume uguale a quella della parte immersa del corpo.»*
- Permise di stabilire se l'orafo di Gerone II facesse la «cresta» sull'oro
- Permette alle navi di galleggiare nell'acqua
- Permette all'olio di galleggiare sull'acqua

- Leonardo è fortemente affascinato da Archimede e lo scopre, insieme ai suoi contemporanei, grazie alla trascrizione dei Trattati in latino operata da Jacopo da Cremona, su incarico di papa Niccolò V intorno al 1450
- Molto probabilmente ha avuto tra le mani la bellissima copia di mano fatta da Piero della Francesca

Leonardo e Archimede

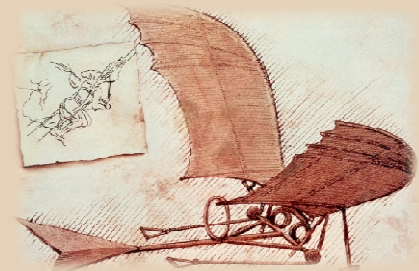


Per Volare bisogna Galleggiare nell'aria

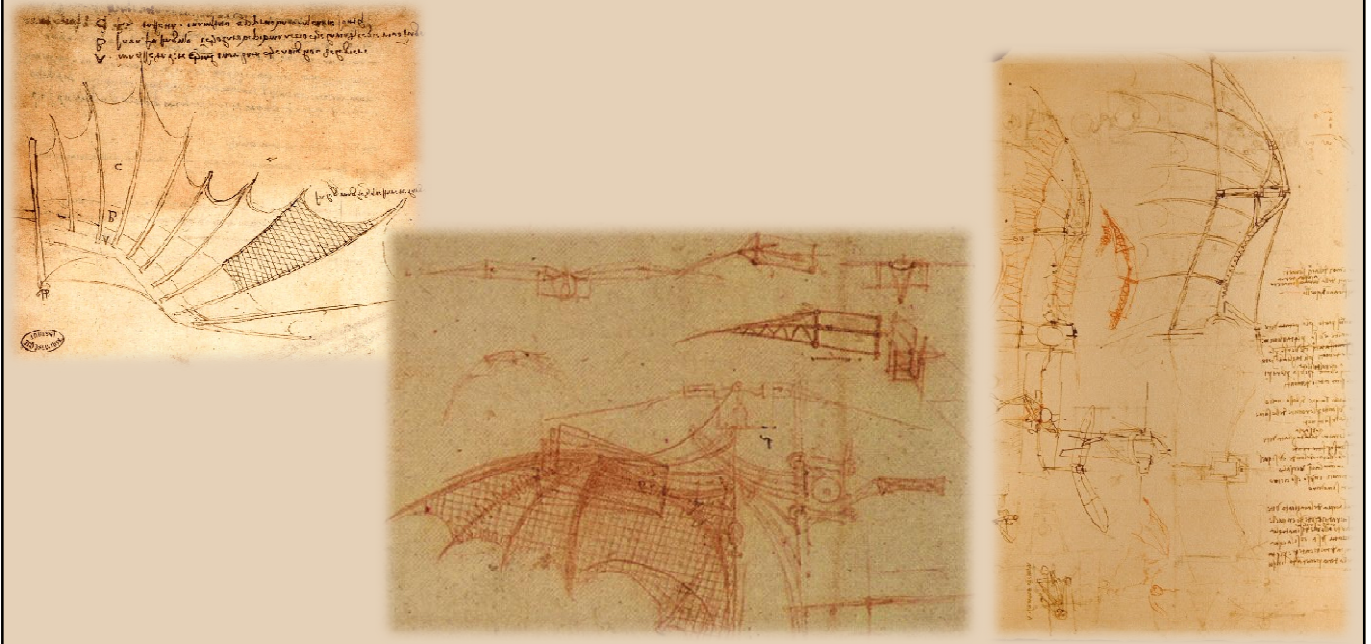
L'aria è un fluido

- Ha una densità circa 800 volte più piccola di quella dell'acqua.
- E' comprimibile e, potendo essere più o meno densa, all'aumentare della densità può essere in grado di sostenere un corpo.

*"..che per queste...ragioni potrai conoscere
l'uomo colle sua congegnate e grandi ale,
facendo forza contro alla resistente aria
e vincendo, poterla soggiogare e
levarsi sopra di lei"*



Gli Uccelli: Volo Battente



L'uomo e il Volo Battente

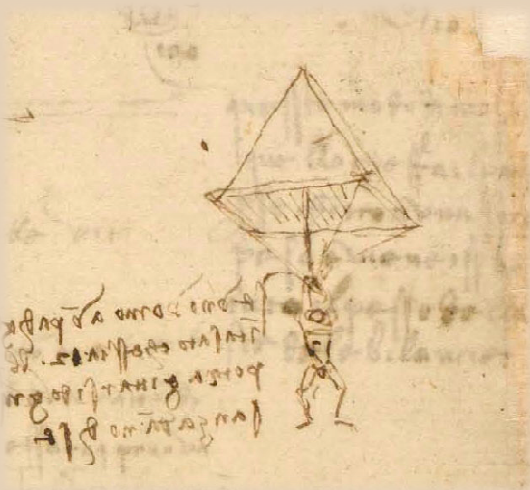


Dimitri Mereskovskij (1865-1941)

- *«"Le ali verranno" mormorò. "Verranno! Se non per merito mio, per merito di un altro, ma l'uomo volerà!... Se la pesante aquila può sostenersi volando nell'aria rarefatta, se le grosse navi possono, con l'aiuto delle vele muoversi sul mare; perché non potrebbe l'uomo, solcando l'aria con ali signoreggiare i venti e levarsi in alto da vincitore?»*

"Leonardo da Vinci - La vita del più grande genio di tutti i tempi"

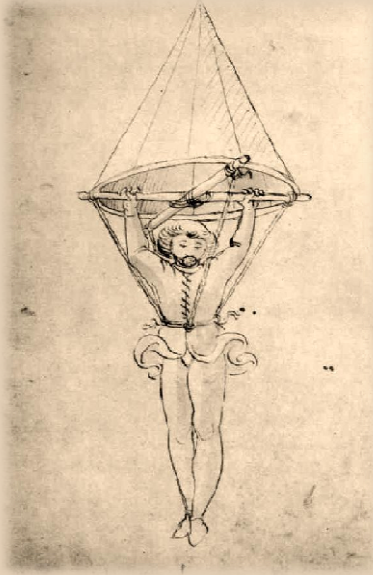
Il Paracadute



- Nel Codice Atlantico (1485) Leonardo rappresenta un «paracadute» di forma piramidale
- Leonardo annota con precisione le dimensioni (circa 7x7 m) e il materiale (Lino inamidato) per aumentare la resistenza all'aria.

“se un uomo ha un padiglione di pannolino intasato, che sia di 12 braccia per faccia e alto 12, potrà gittarsi d’ogni grande altezza senza danno di sé”

Prima di Leonardo (1470 circa)



- Paracadute Conico
- Ufficialmente di Anonimo
- Forse attribuito a Mariano di Jacopo, detto il **Taccola** (Siena, 1381 – 1453 circa)
- De ingeneis (1419-1433).
- De machinis(1449-1453),
- Disegni effettuati con inchiostro nero su carta,
 - macchine idrauliche
 - macchine da guerra.

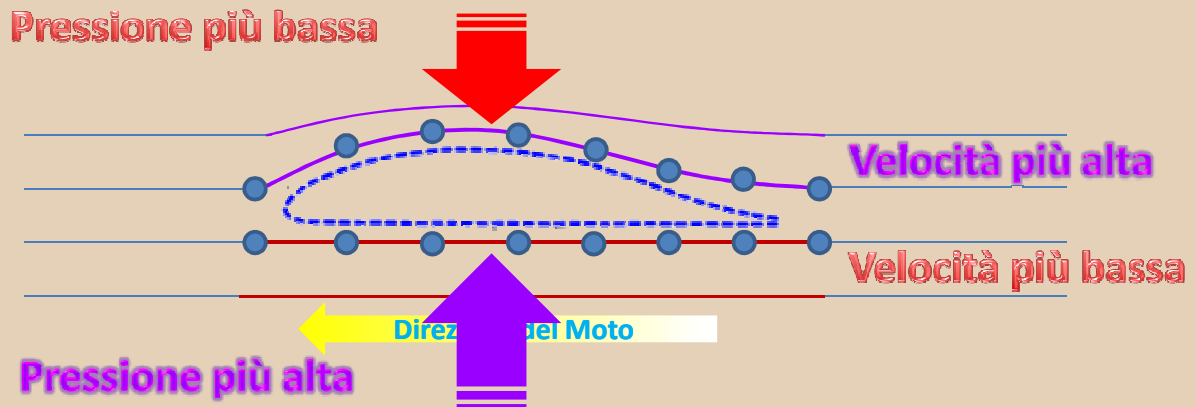
Vite Aerea



"... Ho scoperto che un dispositivo a forma di vite come questo, se è ben fatto di lino inamidato, si solleverà nell'aria se girato rapidamente ...«

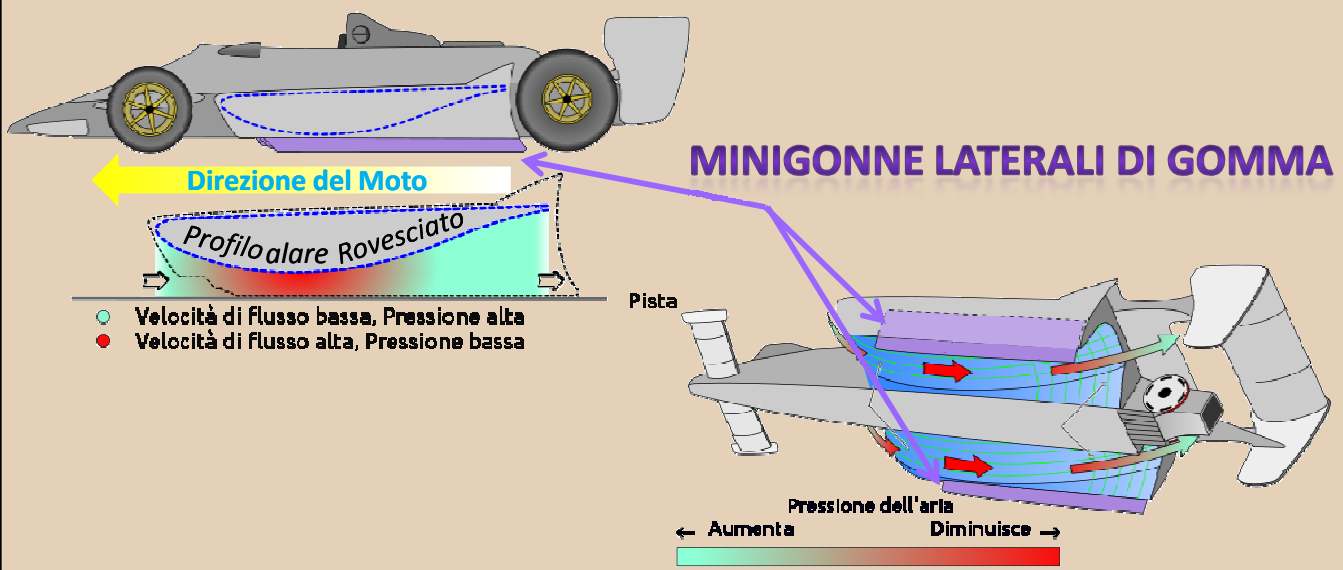
Leonardo Da Vinci - Codice Atlantico

Profilo Alare



- Effetto Venturi (Giovanni Battista, *Bibbiano 1746, +Reggio Emilia 1822)
- Teorema di Bernoulli (Daniel, *Groninga 1700, +Basilea 1782)

In F1 fino al 1982



$$MG + C = CP$$

MINIGONNE + CURVE

=

COMBINAZIONE PERICOLOSA

350

Dinamica dei fluidi

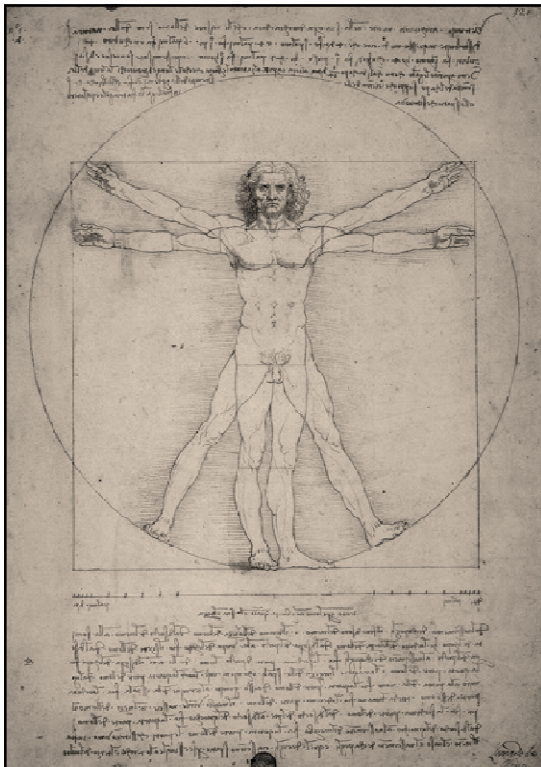
Poichè S è una qualunque sezione normale di un tubo di corrente o di un condotto, la (4) traduce in formula la seguente

Legge di Leonardo. In un condotto la velocità (media) su una sezione S normale al condotto è inversamente proporzionale a S .

3. Teorema di Bernoulli

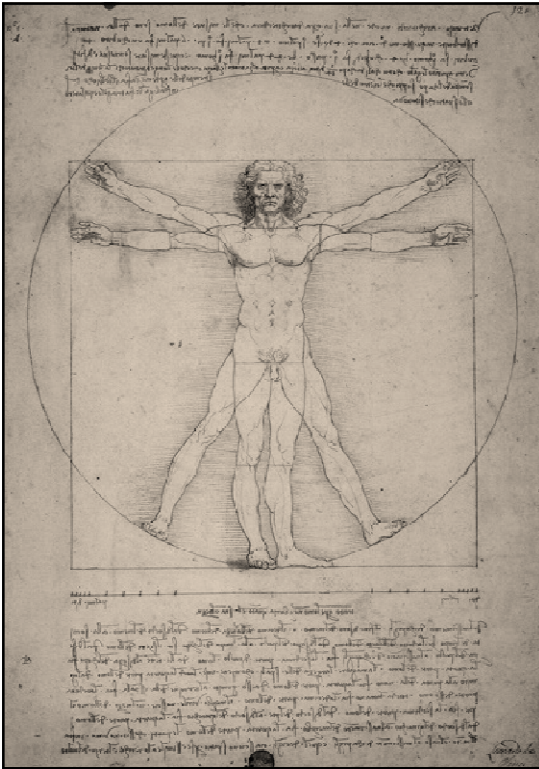
Il teorema di Bernoulli (*) lega tra loro la velocità, la pressione e la quota nei punti di una linea di flusso di un fluido perfetto. Si consideri un tubo di flusso di sezione infinitesima; le forze esterne esercitate sopra il fluido contenuto nella parte del tubo di flusso compresa tra le due sezioni dS_1 e dS_2 , rappresentata in figura 3 dalla parte punteggiata, sono:

Come passa il tempo...



Chi è?

- Figlio del suo tempo
- Un tempo che mette al centro dell'attenzione l'uomo
- Supera dogmi invalicabili dettati da una visione ideologica del sapere



La sapienza è
figliola della
esperienza

Fisica del Volo

- Dinamica dei Fluidi

$$\mathbf{F}_A = -\rho_f V \mathbf{g}$$

$$dp = -\rho g dh$$

$$p + \rho \frac{v^2}{2} + \rho gh = \text{costante}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} = -\nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{v} + \rho \mathbf{g} \\ \nabla \cdot \mathbf{v} = 0 \end{array} \right.$$

Equazioni di Navier Stokes

Legge di Archimede
Legge di Stevino
Teorema di Bernoulli