

Introduzione alla fisica

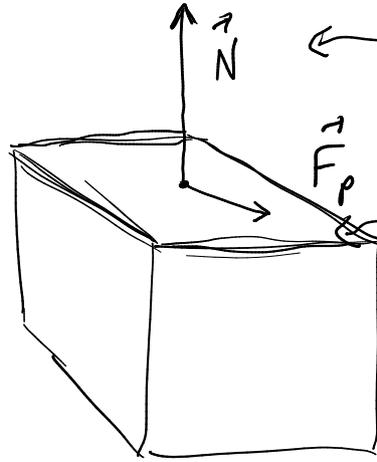
261SM

Solidi e fluidi

Prof. Pierre Thibault
pthibault@units.it



Proprietà dei solidi



forza normale alla superficie:
tensione / compressione

parallela alla superficie:
forza di taglio "shear"

forza / area : sforzo "stress"

$$\sigma_t = \frac{F_N}{A} : \text{sforzo di tensione}$$

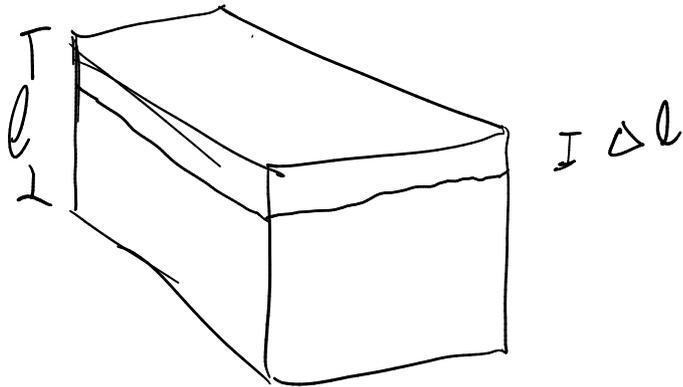
$$\sigma_s = \frac{F_p}{A} : \text{sforzo di taglio}$$

Forza normale applicata su tutte le facce: $p = \frac{F_N}{A}$ "pressione"

Proprietà dei solidi

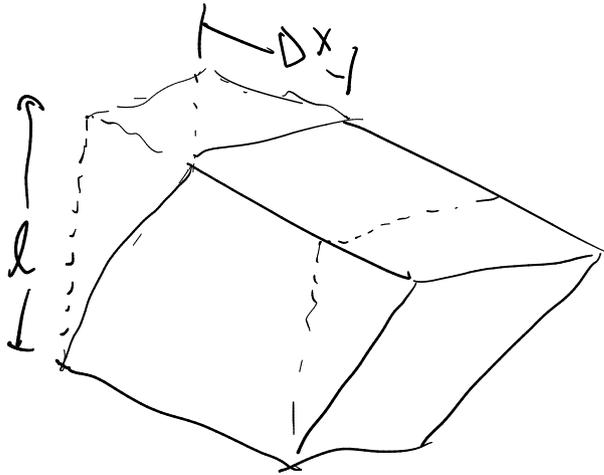
Deformazioni

"strain"



$$\epsilon_t = \frac{\Delta l}{l}$$

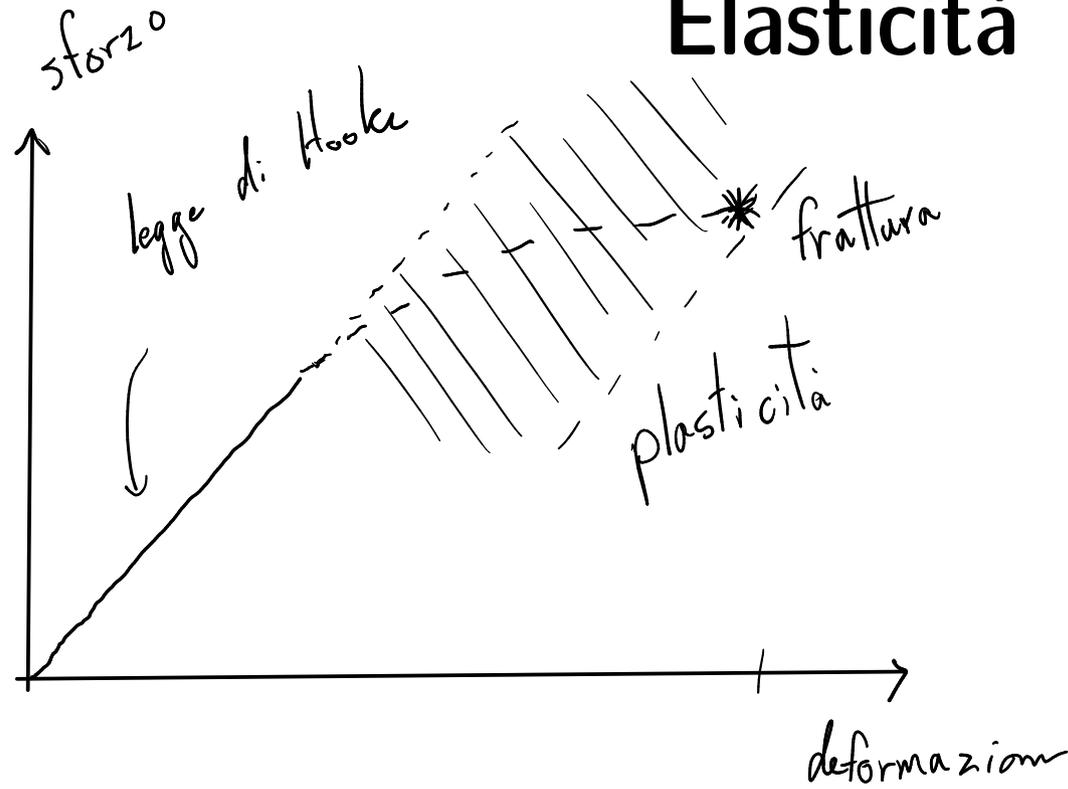
deformazione di
trazione
"normal strain"



$$\epsilon_s = \frac{\Delta x}{l}$$

deformazione da
taglio
"shear strain"

Elasticità



$$\frac{\sigma_t}{\epsilon_t} = Y \quad \text{modulo di Young}$$

"Young modulus"

$$\frac{\sigma_s}{\epsilon_s} = S \quad \text{modulo di taglio}$$

"shear modulus"

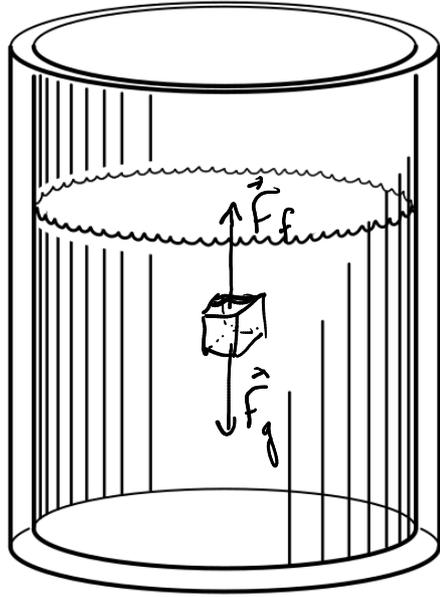
modulo di compressione:
"Bulk modulus"

$$\frac{\text{variazione di pressione}}{\text{variazione relativa di volume}} = \frac{\Delta P}{\Delta V/V} = B$$

Densità

Materiale	Densità ρ (kg/m ³)	Materiale	Densità ρ (kg/m ³)
Alluminio	2.7×10^3	Legno	0.7×10^3
Ottone	8.4×10^3		
Rame	8.9×10^3	Sangue	1.05×10^3
Oro	19.3×10^3	Alcol etilico	0.81×10^3
Iridio	22.6×10^3	Glicerina	1.26×10^3
Ferro o acciaio	7.8×10^3	Mercurio	13.6×10^3
Piombo	11.3×10^3	Acqua	1.00×10^3
Platino	21.4×10^3	Acqua marina	1.03×10^3
Tungsteno	19.3×10^3		
		Aria	1.29
Osso	1.8×10^3	Elio	0.179
Mattone	$1.4-2.2 \times 10^3$	Idrogeno	0.090
Calcestruzzo	2.4×10^3	Vapore acqueo (100 °C)	0.6
Diamante	3.5×10^3	Esafuoruro di uranio	15
Vetro	2.6×10^3		
Ghiaccio	0.92×10^3	Spazio interstellare	3×10^{-22}
Nylon	1.1×10^3	Sole (media)	1.4×10^3
Roccia (media)	2.8×10^3	Terra (media)	5.5×10^3
Gomma (dura)	1.2×10^3	Stella di neutroni	10^{17}

Fluidi



cubetto di fluido

* densità: ρ

* volume: ΔV

* massa: $\Delta m = \rho \Delta V$

* in equilibrio meccanico

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = 0 = \vec{F}_g + \vec{F}_f$$

peso \uparrow dal fluido

$$\vec{F}_f = -\vec{F}_g = -\Delta m \vec{g} = -\Delta V \rho \vec{g}$$

forza di spinta dovuta al fluido

Se il cubetto è occupato da un altro materiale:

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m_{\text{cubetto}} \vec{g} - \Delta V \rho \vec{g}$$

Principio di Archimede

« Un corpo che è immerso parzialmente o totalmente in un fluido riceve una spinta di intensità pari al peso del fluido spostato e diretta verso l'alto lungo una retta passante per il centro di gravità del fluido spostato. »

Pressione

Pressione: forza per unità di area

$$\text{Unità: } Pa = \frac{N}{m^2} = \frac{kg}{ms^2}$$

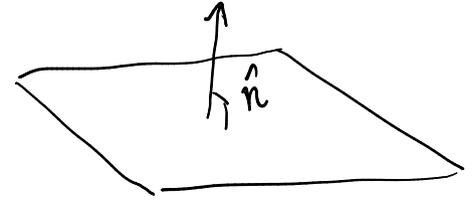
$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa}$$

Principio di Pascal:

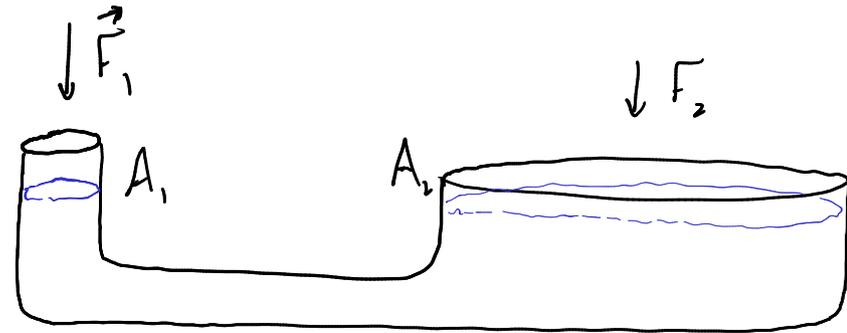
"la pressione esercitata su un fluido viene trasmessa inalterata in ogni punto del fluido e alla superficie del suo contenitore"

Pressione: uno scalare!



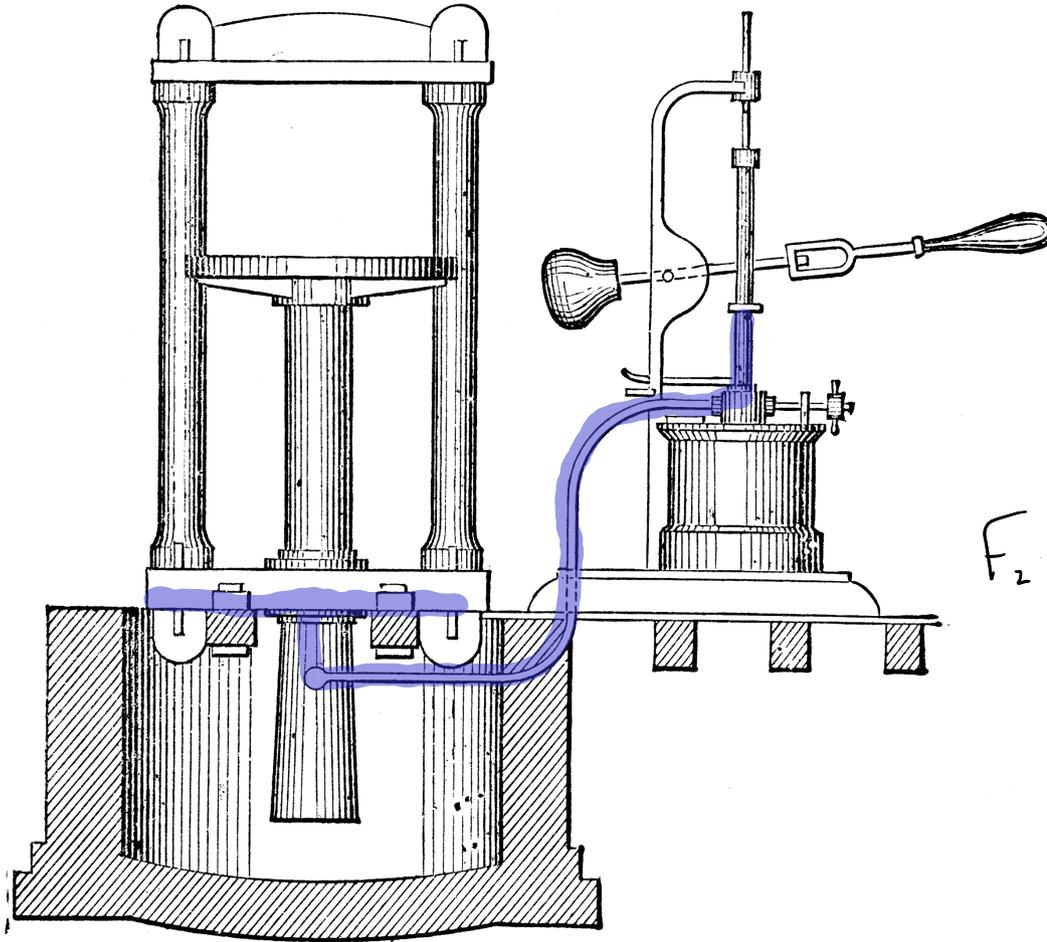
perché si considera solo la componente \perp alla superficie

$$\vec{F} = P\vec{A} \\ = PA\hat{n}$$



$$p = F_1/A_1 = F_2/A_2 \quad F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1}$$

Pressa idraulica



$$F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1}$$

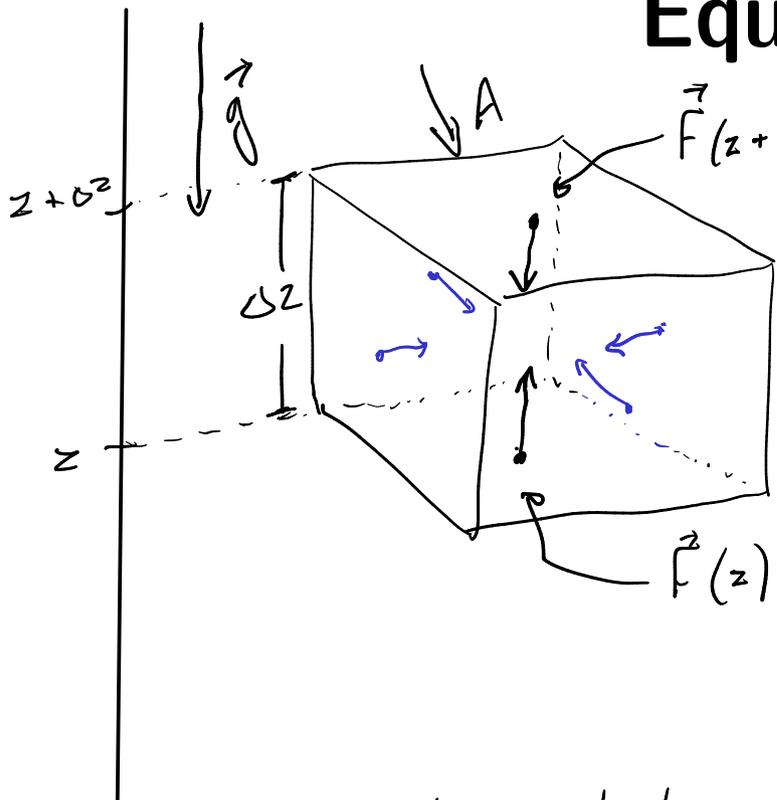


Joseph Bramah (1748 - 1814)



Fonte: Benson John Lossing, ed. The New Popular Educator (London, England: Cassell & Company Limited, 1891)

Equilibrio idrostatico



$\vec{F}(z + \Delta z)$ Cubo immerso in un fluido

Forza risultante sul cubo:

* risultante orizzontale: nulla (simmetria)

* lungo z:

$$\begin{aligned} & \begin{array}{c} \uparrow \vec{F}(z) \\ \downarrow F(z + \Delta z) \end{array} & \vec{F}_f = \vec{F}(z) + \vec{F}(z + \Delta z) \\ & & F_{fz} = F(z) - F(z + \Delta z) \end{aligned}$$

dai nostri calcoli precedenti

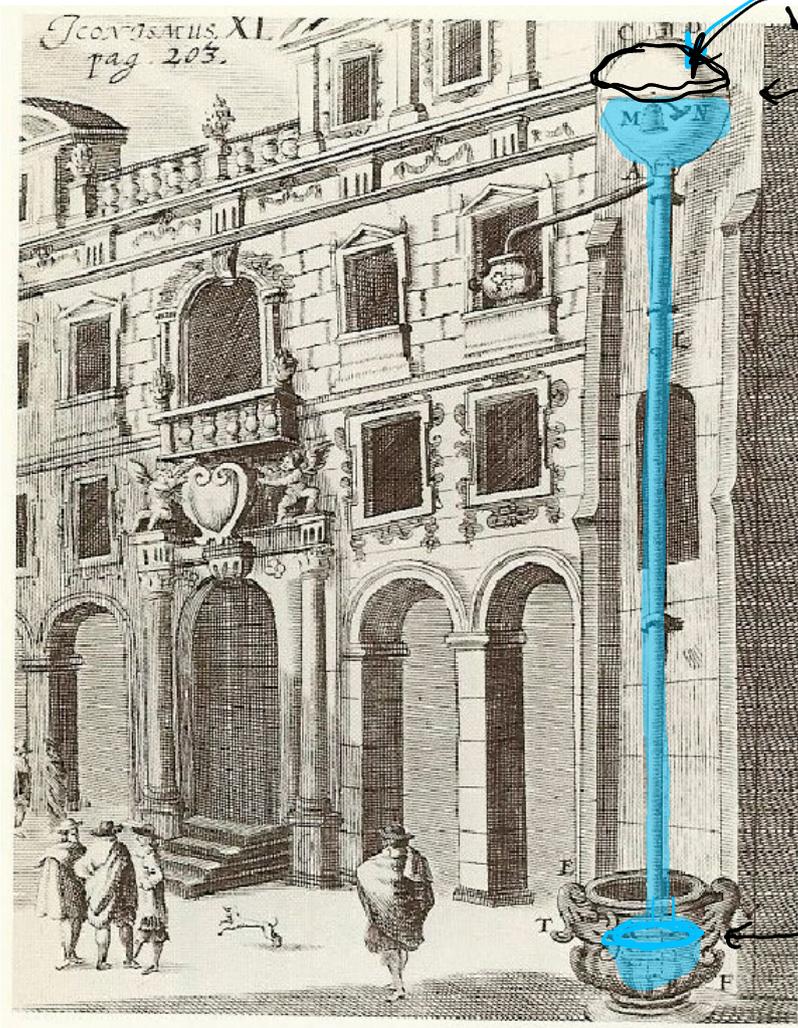
$$F_{fz} = \frac{A \Delta z}{\text{volume}} \rho g = p(z) A - p(z + \Delta z) A$$

$$\rho g = \frac{p(z) - p(z + \Delta z)}{\Delta z} \rightarrow - \frac{dp}{dz}$$

$$\boxed{\frac{dp}{dz} = -\rho g}$$

equazione dell'equilibrio idrostatico

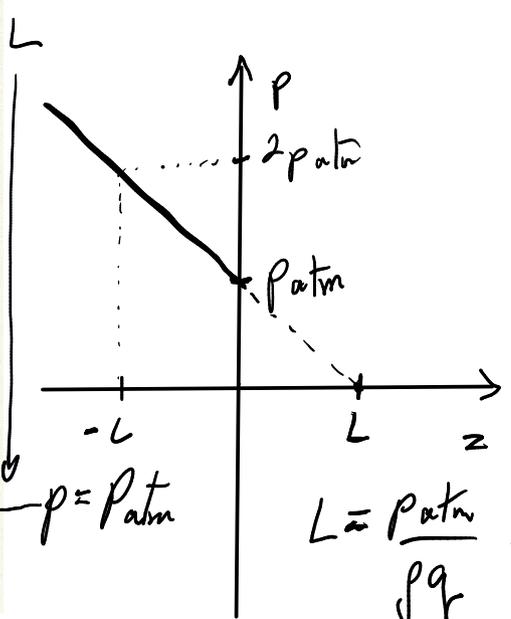
Pressione in una colonna di fluido



$p=0$ *Acqua: fluido incompressibile*
 \hookrightarrow densità costante ρ

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g \rightarrow p(z) = p_0 - \rho g z$$

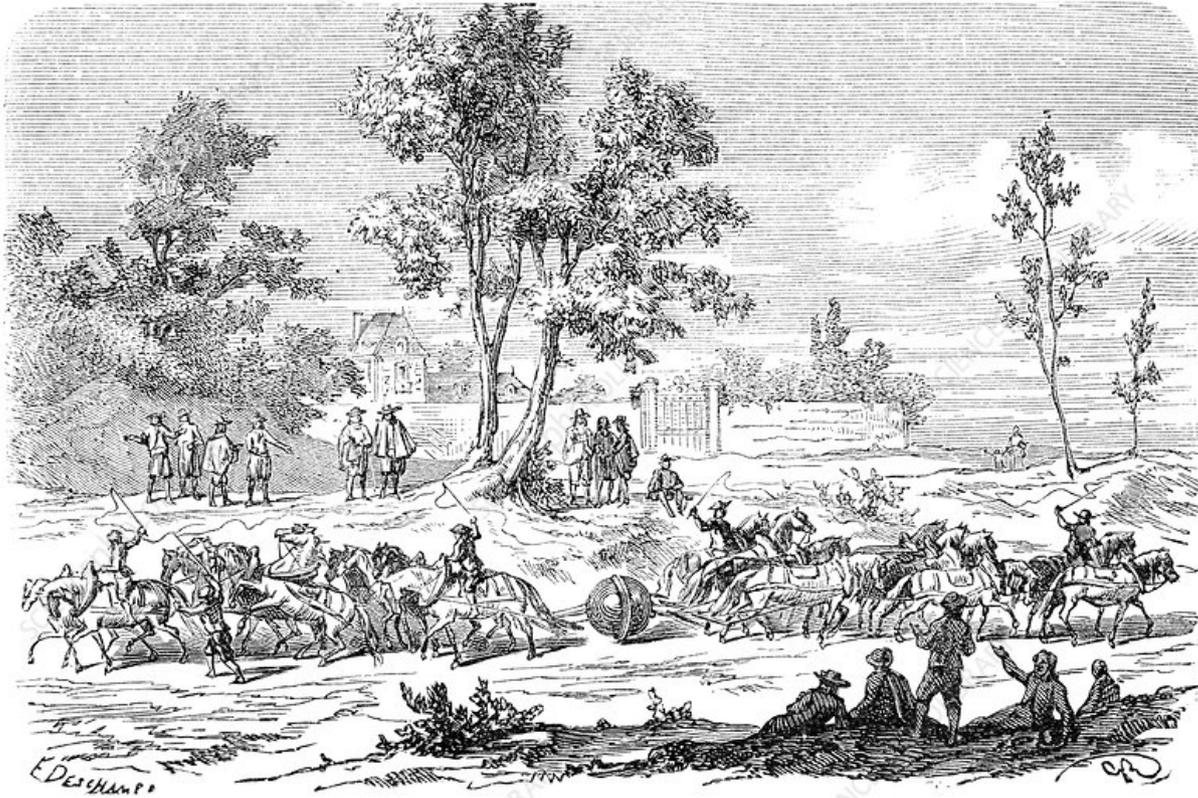
$$p_{atm} = 101.3 \text{ kPa}$$



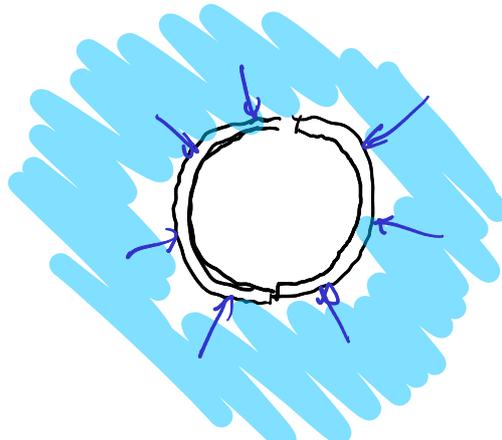
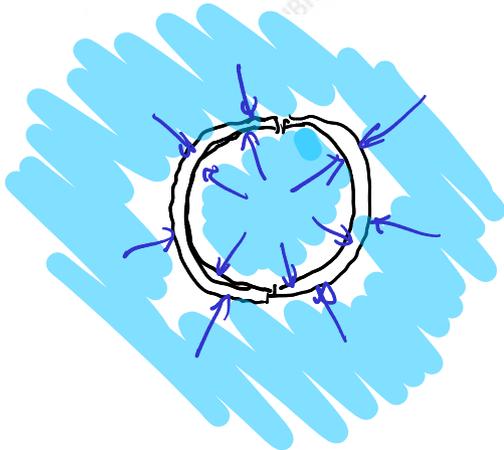
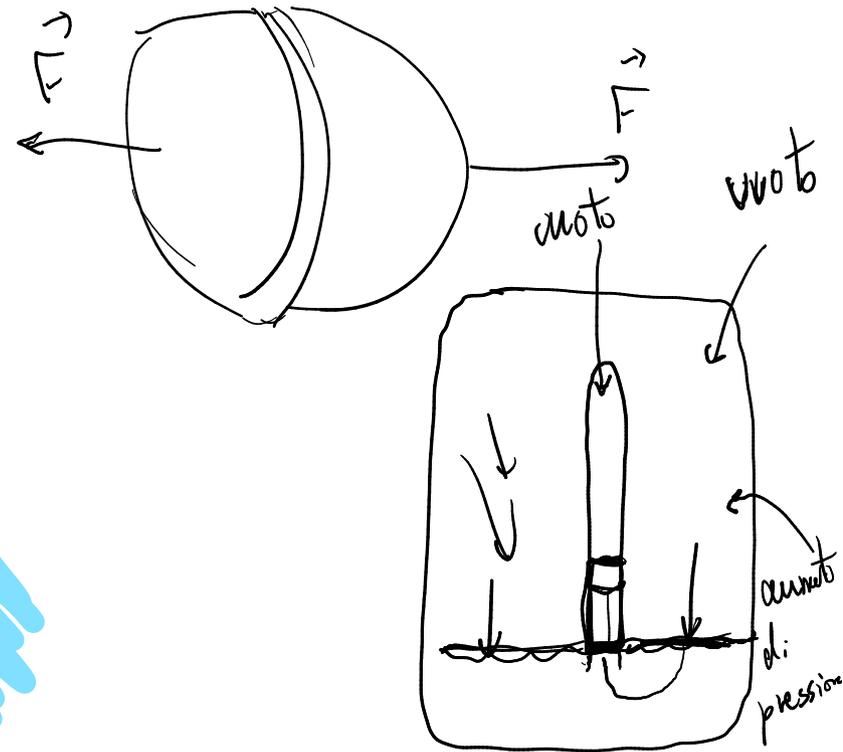
$$p(-L) = 2 p_{atm} = p_{atm} + \rho g h$$

$$L = \frac{p_{atm}}{\rho g} \approx 10.3 \text{ m}$$

Esperimente di Gasparo Berti, descritta da Gaspar Schott, Technica curiosa, sive, Mirabilia artis, Würzburg (1664).



Esperimento di Magdeburg



Esempio

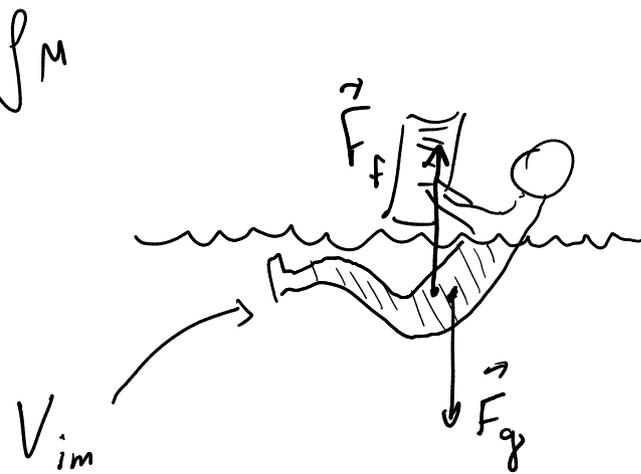
La densità dell'acqua molto salata del Mar Morto è 1.24 g/L .
Circa quale frazione del corpo di un bagnante rimane emerso?

A. 10%

B. 20%

C. 25%

D. 50%



$$F_f = V_{im} \rho_M g$$

equilibrio :

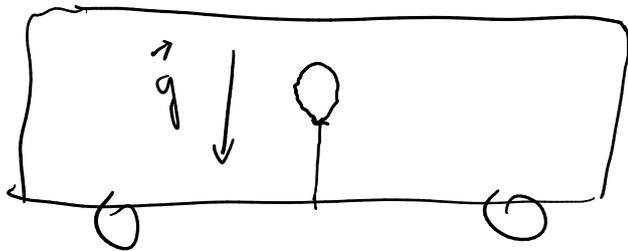
$$m g = V_{im} \rho_M g$$

$$m = V_{tot} \rho_{acqua}$$

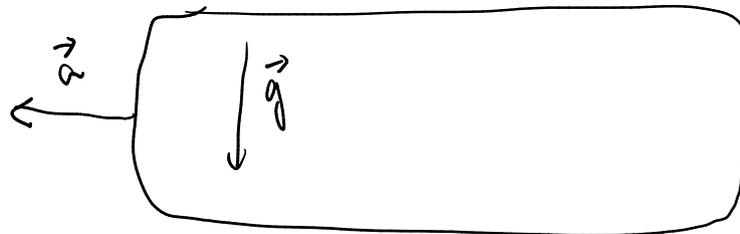
$$V_{tot} \rho_{acqua} = V_{im} \rho_M$$

$$\frac{V_{em}}{V_{tot}} = \frac{V_{tot} - V_{im}}{V_{tot}} = 1 - \frac{V_{im}}{V_{tot}} = 1 - \frac{\rho_{acqua}}{\rho_M}$$

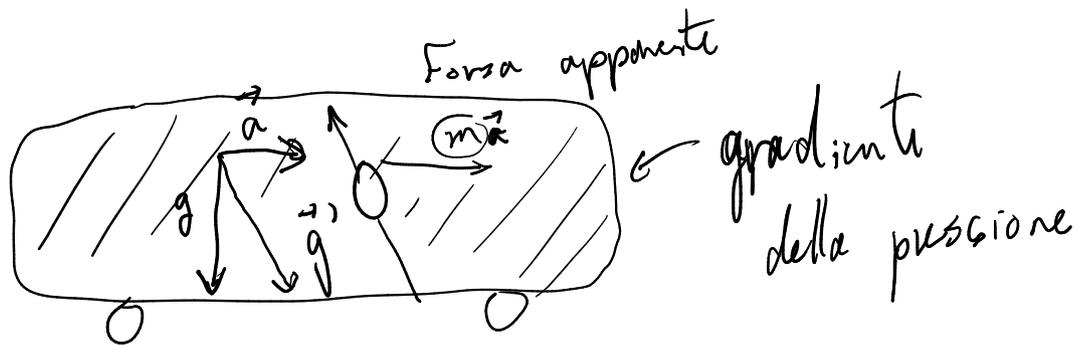
velocità costante

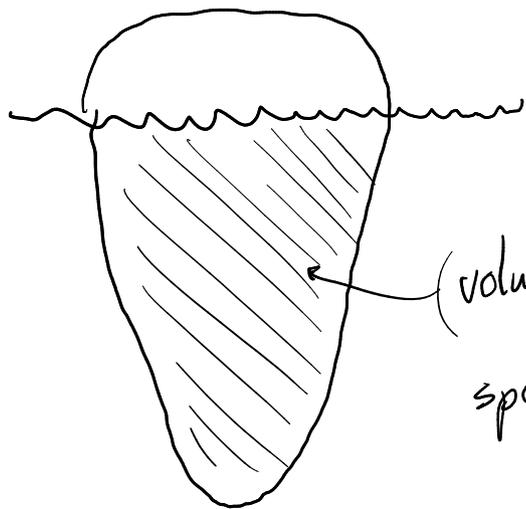


decelera



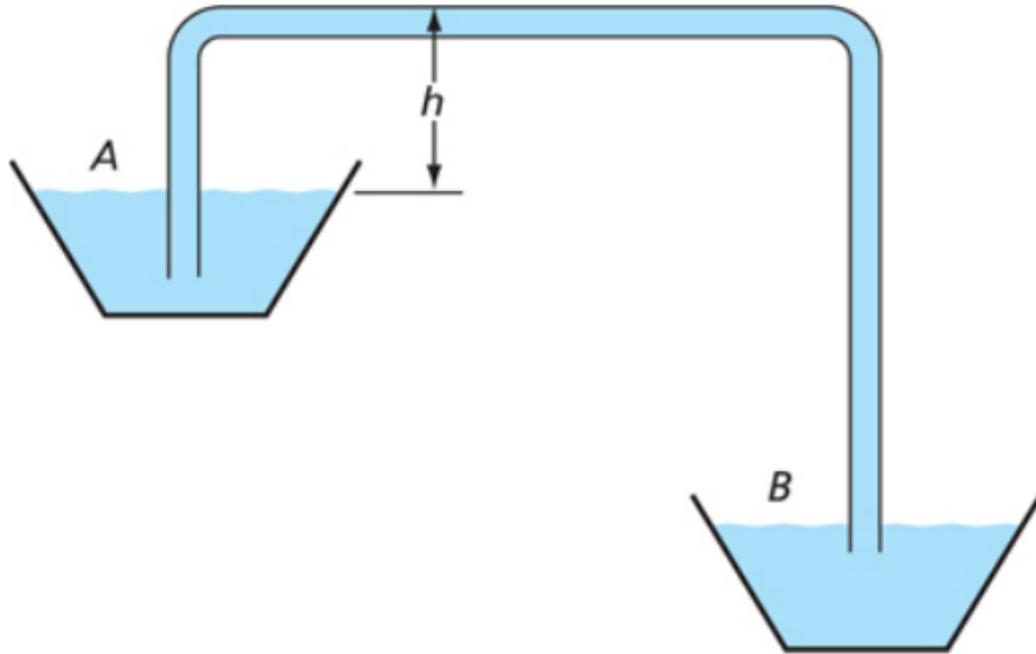
sistema non-inerziale





(volume d'acqua spostato) \times densità $\times g =$ peso dell'iceberg

Esempio: sifone



Flussi laminare e turbolente



Equazione di continuità

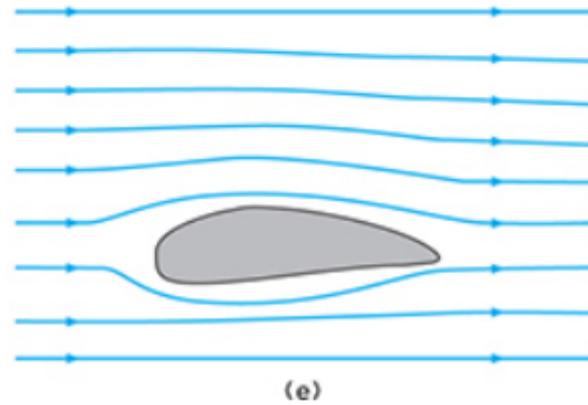
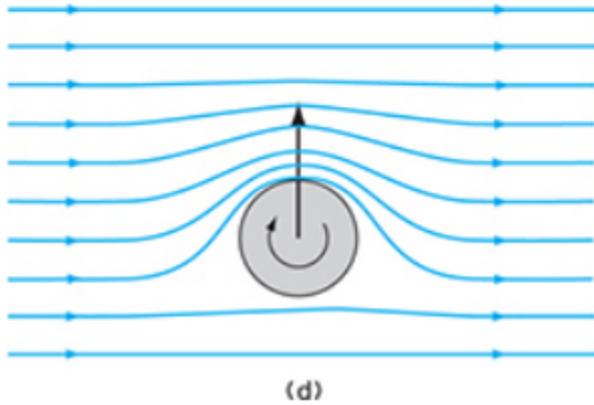
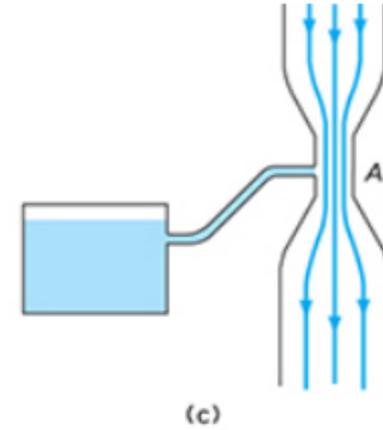
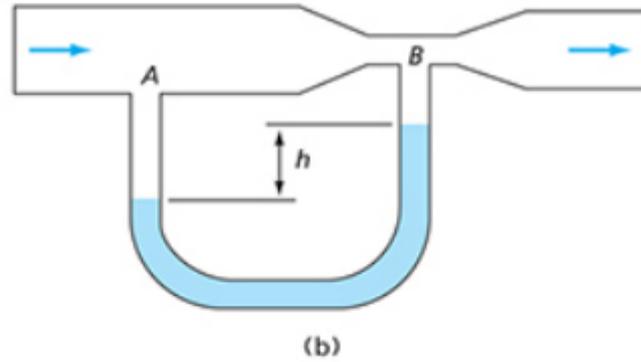
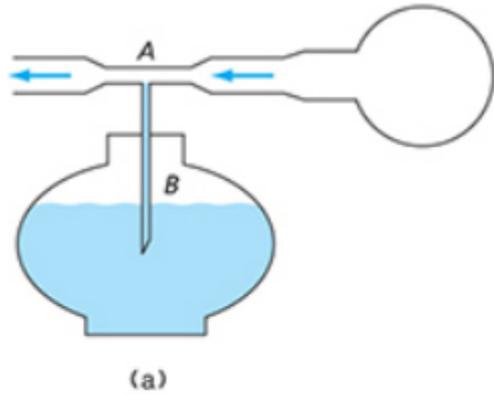
Teorema di Bernoulli



Daniel Bernoulli
(1700-1782)

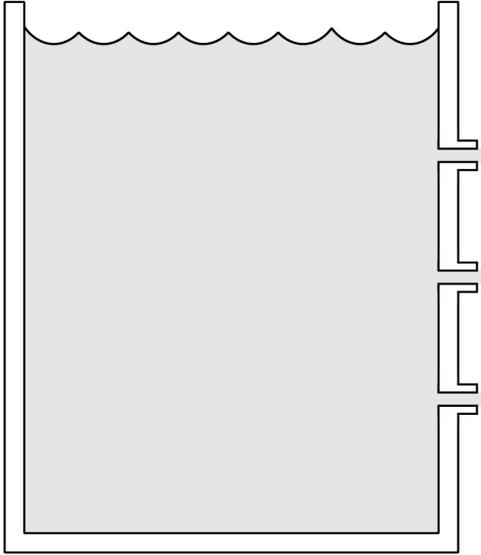
Teorema di Bernoulli

Teorema di Bernoulli



Viscosità

Esempio



In un recipiente cilindrico pieno d'acqua sono praticati diversi fori. L'acqua esce dai fori in direzione orizzontale. A che altezza deve essere praticato un foro perché l'acqua che ne zampilla tocchi terra alla massima distanza dal cilindro? Si ammetta che il fluido non sia viscoso.