Fluidi

Fluidi

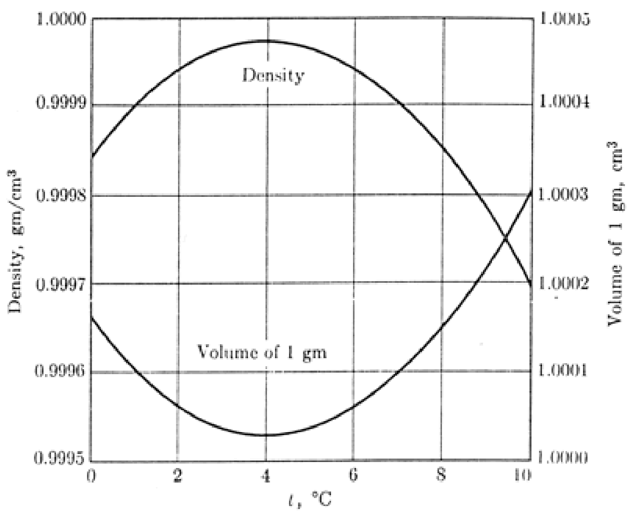
- Solidi: forma e volume proprî
- **Fluidi**: forma **non** costante
  - assumono la forma del *contenitore*
- **Liquidi**: volume costante (~ incomprimibili)
- **Gas**: volume **non** costante
  - occupano *tutto* il volume del *contenitore*

Fluidi

- Fluidi ideali:
  - privi di attrito, perfettamente elastici
    - » liquidi ideali: incomprimibili e indilatabili
- Fluidi reali:
  - attrito interno, elasticità limitata
    - » liquidi reali: possono essere compressi o dilatati
- Fluido ideale: buona approssimazione del fluido reale

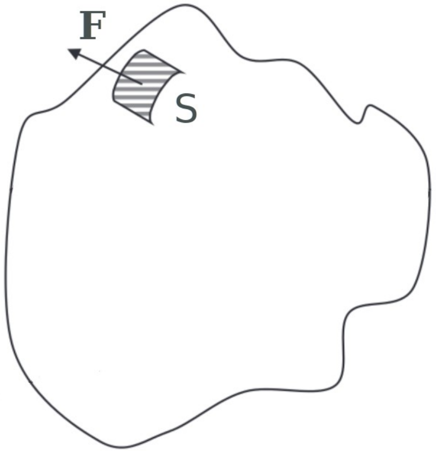
Densità

- Utile nello studio dei fluidi $\rho_m = \frac{M}{V}$ $\rho = \frac{d\,m}{d\,V}$
- Attenzione: la massa è *effettivamente* una costante, la densità *varia* con la temperatura
  - in generale la densità varia perché, per la maggior parte dei solidi e fluidi, all'aumentare della temperatura aumenta il volume e quindi diminuisce la densità
    - » l'acqua però mostra un comportamento particolare, perché la sua densità è massima a 4 °C



Pressione

- Si consideri un fluido in quiete in un recipiente



- Se F è la forza che agisce su una superficie S

$$p_m = \frac{F}{S}$$

Pressione media

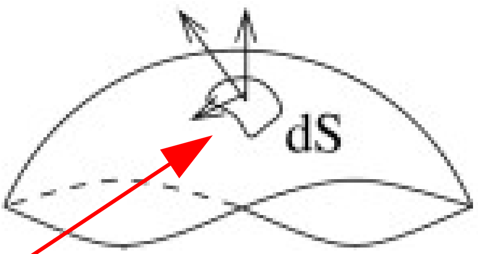
- Se dF è la forza infinitesima su una superficie infinitesima dS

$$\boxed{p = \frac{dF}{dS}}$$

Pressione (locale)

Pressione

- F è un vettore: anche p ?
  - no, p scalare !
- p definita per fluido in quiete
  - d$\boldsymbol{F}$ perpendicolare a dS
  - altrimenti esisterebbe componente *trasversa* → fluido si metterebbe in moto
    - » contro l'ipotesi che sia in quiete



Pressione

- Nel SI: grandezza derivata
  - $[p] = N / m^2 = Pa$
- Altre unità
  - 1 atm = 760 mmHg = 101325 Pa
  - 1 bar = 10^5 Pa (1 mbar = 10^2 Pa)
  - 1 mmHg ≈ 133.3 Pa
  - 1 Kg/m^2 = 9.81 Pa

Principio di Pascal

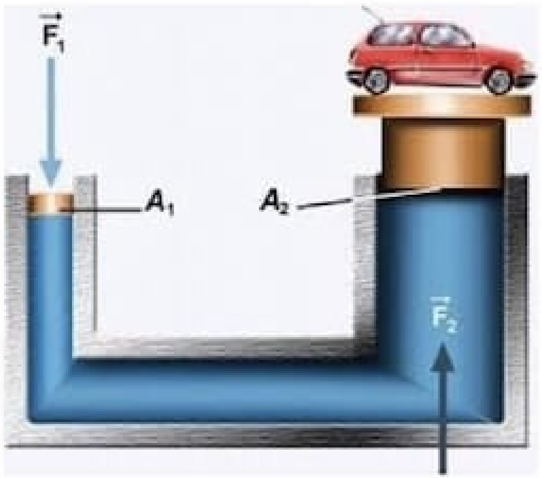
- Dato un fluido in quiete

una variazione di pressione applicata ad un fluido contenuto in un recipiente si trasmette invariata ad ogni punto del fluido ed alle pareti del recipiente

  - se ci fosse $\Delta p \rightarrow F \rightarrow$ moto $\Rightarrow$ fluido non in quiete
- In realtà è una *legge* (si dimostra)
  - "principio" per ragioni storiche

Principio di Pascal

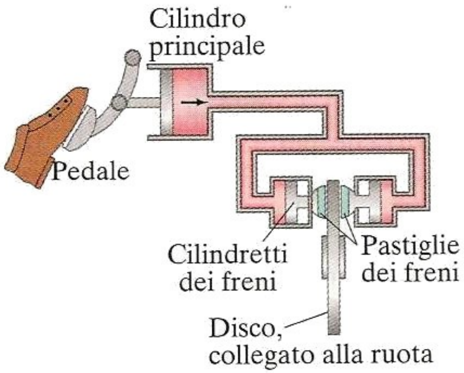
- Applicazioni: torchio idraulico, martinetto idraulico



  - $A_2 \gg A_1$
  - F_1 su A_1

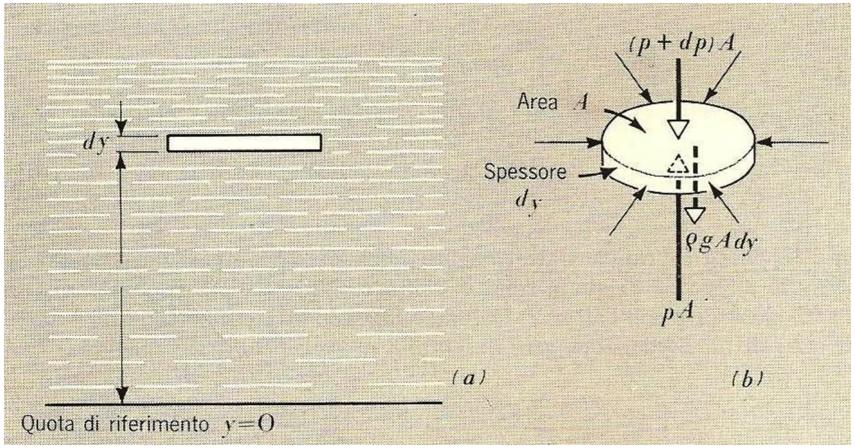
$$p = \frac{F_1}{A_1} \quad \Rightarrow \quad F_2 = p A_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1} \gg F_1$$

- Sistemi frenanti dei veicoli



Legge di Stevino

- Fluido di densità ρ in equilibrio
- Volumetto di area *A* e altezza d*y*
- Quiete → *F* totale nulla
  - le forze sulle facce laterali si compensano



faccia inferiore $F_1 = pA$

faccia superiore $F_2 = -(p + dp)A$

forza peso $P = -g\,dm = -g\rho\,dV = -g\rho A\,dy$

$$pA - (p + dp)A - g\rho A\,dy = 0$$

$$dp = -\rho g\,dy$$

Legge di Stevino

- Liquidi: incomprimibili → ρ= cost

$$\boxed{p(y)=p_0+\rho g(y_0-y)=p_0+\rho g h}$$

Legge di Stevino

- Gas: ρ ≠ cost
  - se però temperatura cost → ρ = *kp*

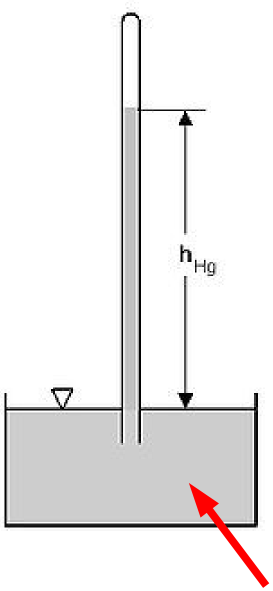
$$d p=-k p g d y \Rightarrow \frac{d p}{p}=-k g d y \Rightarrow p(y)=p_0 e^{-k g y}$$

$$\int \frac{d x}{x}=\ln x$$

Misura della pressione

- Barometri
  - barometro di Torricelli

$$p = \rho\, g\, h$$



mercurio

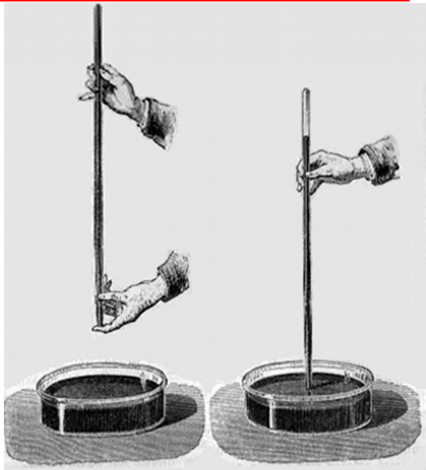


Fig. 2

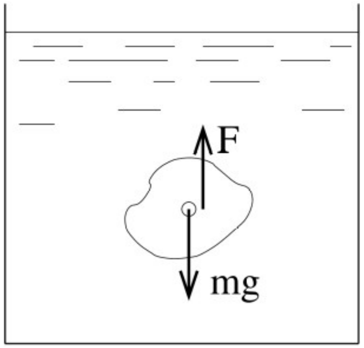
$$\rho = 13.6\, g/cm^3$$

$$h = 76\, cm$$

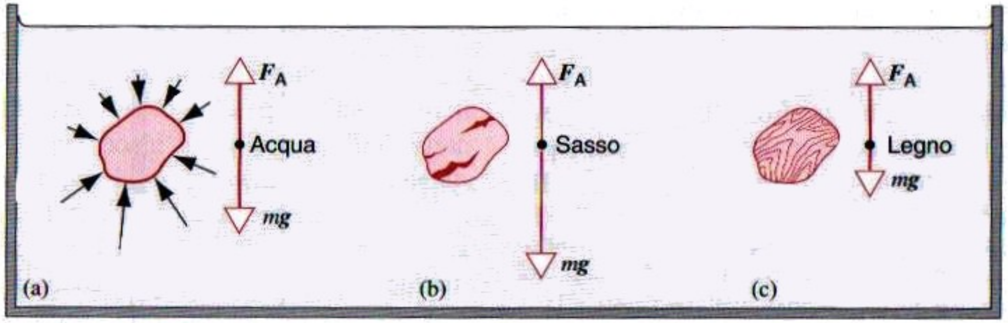
$$p = 13.6 \cdot 10^3 \times 9.81 \times 0.76 \simeq 101.3\, kPa$$

acqua $\rightarrow$ $\rho = 1\, g/cm^3$ $\rightarrow$ $h = \dfrac{p}{\rho\, g} = \dfrac{101.3 \cdot 10^3}{10^3 \times 9.81} \simeq 10.3\, m$

Spinta idrostatica

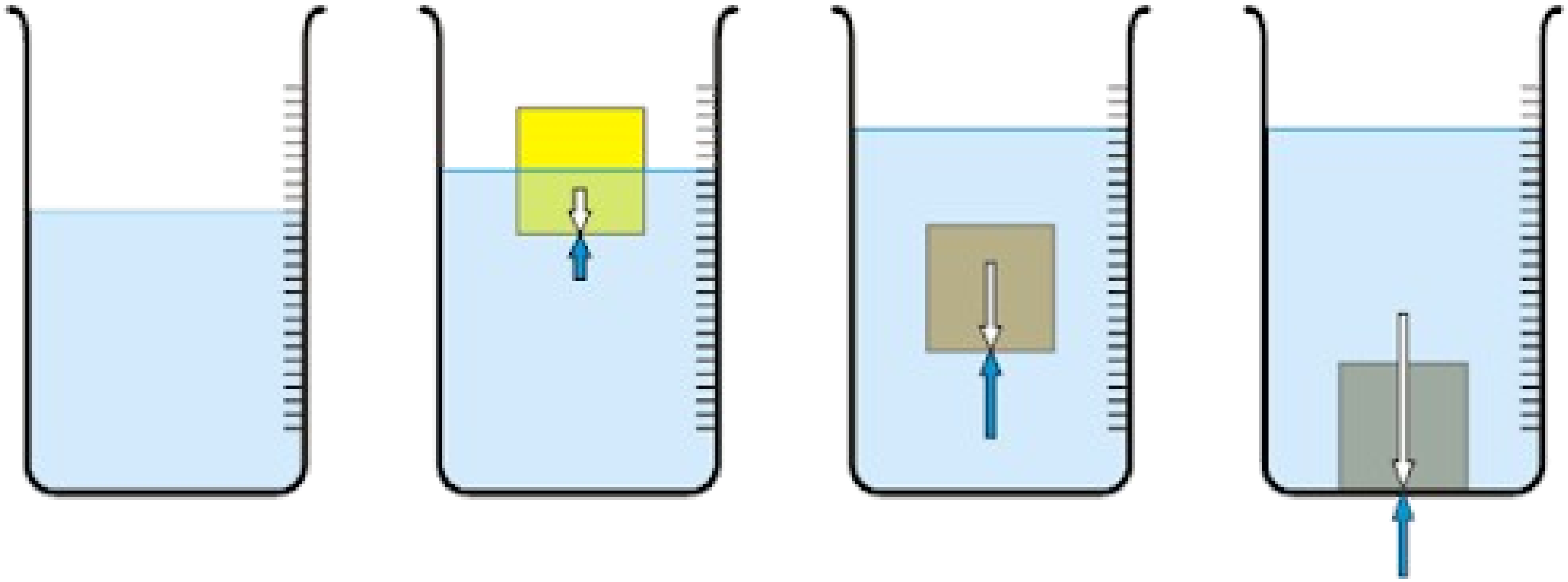


- Corpo immerso in un fluido in equilibrio
  - forza peso *mg* + spinta idrostatica
- Se si sostituisce corpo con porzione di fluido
  - forza esercitata dal fluido attorno = peso della porzione di fluido
- ⇒ forza esercitata dal fluido sul corpo = peso del volume di fluido spostato
  - “principio di Archimede”



Spinta idrostatica

- Vale per liquidi e gas



Il corpo sale se

$F_A > p_o$
spinta idrostatica > peso

Il corpo rimane in equilibrio se
$F_A = p_o$
spinta idrostatica = peso

Il corpo affonda se

$F_A < p_o$
spinta idrostatica < peso

Esempio

ESEMPIO 10-10 **Pallone pieno di elio.** Quale volume V di elio è necessario per un pallone che deve sollevare un peso di 180 kg (incluso il peso del pallone vuoto)?

APPROCCIO La spinta di Archimede sul pallone di elio, F_A, che è uguale al peso di aria spostata, deve essere almeno uguale al peso dell'elio più il peso del pallone e del carico (fig. 10-18). La tabella 10-1 ci dà la densità dell'elio come 0.179 kg/m^3.

SOLUZIONE La spinta di Archimede deve avere un valore minimo di

$$F_A = (m_{He} + 180\ \text{kg})g.$$

Quest'equazione può essere scritta in termini di densità usando il principio di Archimede:

$$\rho_{aria} V g = (\rho_{He} V + 180\ \text{kg})g.$$

Risolvendo in funzione di V, troviamo:

$$V = \frac{180\ \text{kg}}{\rho_{aria} - \rho_{He}} = \frac{180\ \text{kg}}{(1.29\ \text{kg/m}^3 - 0.179\ \text{kg/m}^3)} = 160\ \text{m}^3.$$

NOTA Questo è il minimo volume necessario vicino alla superficie terrestre, dove $\rho_{aria} = 1.29\ \text{kg/m}^3$. Per raggiungere altitudini maggiori, è necessario un volume più grande, poiché la densità dell'aria diminuisce con l'altitudine.

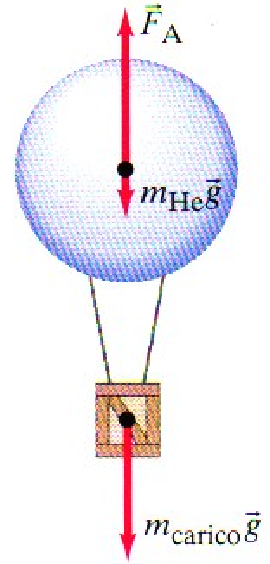


FIGURA 10-18 Esempio 10-10.

Forze di superficie

- Sui fluidi agiscono due tipi di forze, le forze di volume $\mathbf{F}_V$ e le forze di superficie $\mathbf{F}_S$

$$\frac{F_S}{F_V} \propto \frac{S}{V} \propto \frac{L^2}{L^3} = \frac{1}{L}$$

  – cioè il rapporto tra le due forze è inversamente proporzionale ad una dimensione lineare

- Generalmente $\mathbf{F}_V \gg \mathbf{F}_S \rightarrow$ le $\mathbf{F}_S$ si trascurano
  – se però almeno una delle dimensioni lineari è **piccola**, allora diventano importanti anche le forze di superficie
    » es: lamine di fluido (bolla di sapone), capillari, gocce di liquido...

Forze di superficie

- Ad esempio per una goccia di liquido di raggio r

$$\frac{F_S}{F_V} \propto \frac{S}{V} \propto \frac{4\pi r^2}{4/3\pi r^3} = \frac{3}{r}$$

$\Rightarrow$ una goccia è tanto più sferica quanto più piccolo è il suo raggio

- L'energia di una goccia è $E = E_{vol} + E_{sup}$
  - l'energia di volume E_{vol} non dipende dalla forma
  - l'energia di superficie E_{sup} non dipende dalla forma ma dipende dalla superficie

$$E_{sup} = \sigma S$$

σ energia per unità di superficie

Tensione superficiale

- Per aumentare la superficie di un liquido si deve fare un lavoro dL che è *proporzionale all'aumento di superficie* dS

$$dL = \tau\, dS$$

- τ = dL / dS : tensione superficiale
  - nel SI: grandezza derivata, $[\tau]$ = J / m^2 = N / m
  - può essere interpretata come la forza per unità di lunghezza dell'orlo della superficie libera, ortogonale all'orlo
  - si oppone all'aumento di superficie
  - se si cerca di *tagliare* la lamina di liquido, τ è la forza che lo tiene unito