

CORSO DI FISICA GENERALE

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

Lezione 10

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

CONCETTO DI PRESSIONE

CI SONO FENOMENI FISICI PER I QUALI UNA DESCRIZIONE IN TERMINI DI FORZA, MASSA ED ACCELERAZIONE NON È LA PIÙ ADEGUATA.

Pensiamo, ad esempio ad una persona che cammina su un terreno cedevole (sabbia, terreno,...)

La forza esercitata dalla persona sul terreno è $F = mg$.

Anche nel caso in cui il peso della persona è lo stesso, chi indossa scarpe da ginnastica cammina agevolmente senza affondare, al contrario invece della persona che indossa le scarpe con i tacchi a spillo “affonda”.

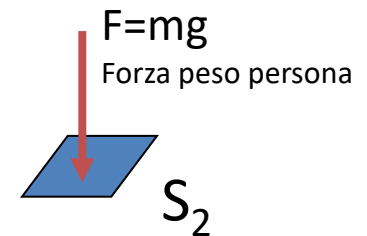
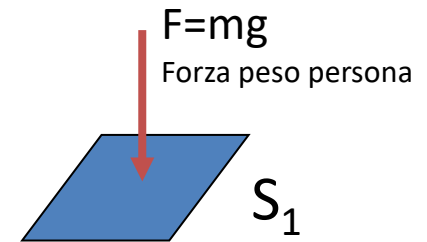


COSA CAMBIA NEI DUE CASI?

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

CONCETTO DI PRESSIONE

- Primo caso: superficie di appoggio S_1 .
- Secondo caso: superficie di appoggio: S_2 ($S_2 < S_1$).



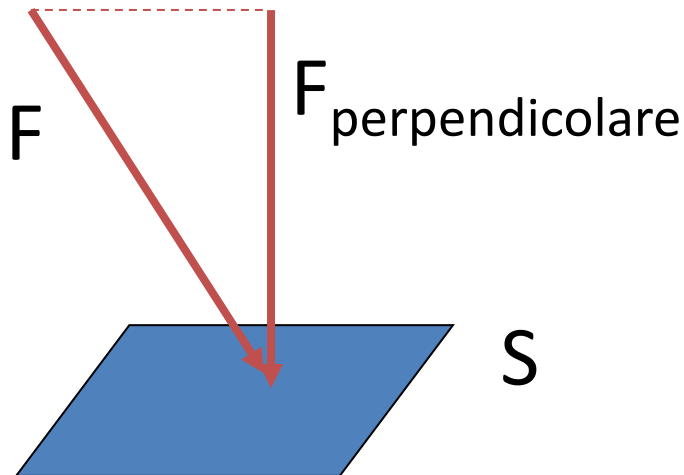
Possiamo definire per rappresentare il fenomeno a parità di forza (peso persona) una nuova grandezza che nel secondo caso è maggiore nel primo caso, LA **PRESSIONE**

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

CONCETTO DI PRESSIONE

La pressione è data dal rapporto fra una forza esercitata perpendicolarmente e uniformemente su una superficie e l'area della superficie.

Quando la forza non è perpendicolare alla superficie d'appoggio è necessario scomporla e considerare ai fini del calcolo della pressione solo la componente ortogonale al piano di appoggio



Quindi in generale la pressione è data da:

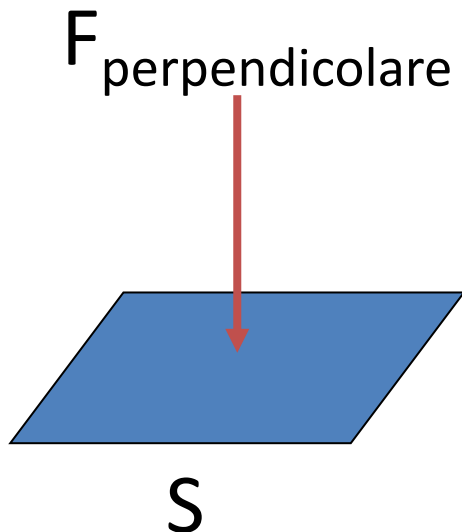
$$p = \frac{F_{\text{perpendicolare}}}{S}$$

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

UNITÀ DI MISURA DELLA PRESSIONE

Partendo dalla formula

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



DOVE:

F si misura in: [N] (Newton)

S si misura in: [m²]

Di conseguenza P si misura in: [N/m²]

All'unità di misura della pressione assegna un nome proprio (nome dello scienziato che la introdusse **Pascal**)

[N/m²]=[Pascal]

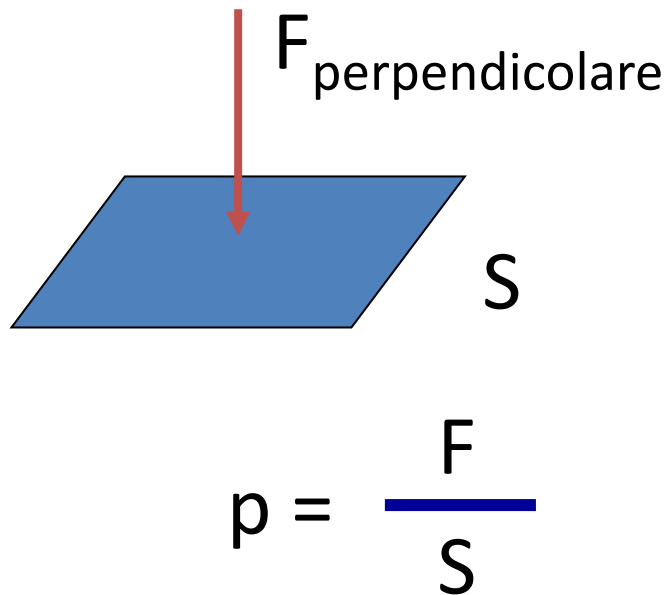
DEFINIZIONE: [1N/1m²]=[1Pascal]

1 [PASCAL] CORRISPONDE ALLA PRESSIONE CHE VIENE ESERCITATA SU DI UNA SUPERFICE DI **1 [m²]** DA UNA FORZA di **1 [N]** ORTOGONALE ALLA SUPERFICE STASSA

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

UNITÀ DI MISURA DELLA PRESSIONE

Come abbiamo detto l'unità di misura della pressione nel S.I. è il Pascal [newton/m²]=[Pascal]



Sono in uso comune altre unità di misura per la pressione definite in altri sistemi di misura per esempio l'atmosfera

EQUIVALENZA TRA UNITÀ DI MISURA

- 1) 1 atmosfera è circa = 100 000 Pascal
- 2) 1 millibar è circa = 100 Pascal
- 3) 1 atmosfera è circa = 1 000 millibar

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

DEFINIZIONE DI DENSITÀ

La densità di un corpo d (o massa volumica) indica la massa per unità di volume, ossia il rapporto tra massa e volume.

$$d = \frac{m}{V} \quad \Rightarrow \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

La densità è una grandezza derivata e nel SI si misura in kg/m^3

IMPORTANTE: La densità dei corpi non è necessariamente costante in tutti i punti del corpo (**corpi omogenei e non omogenei**)

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

PESO SPECIFICO

Il peso specifico P_s è il peso dell'unità di volume di un corpo, ossia il rapporto tra peso e volume.

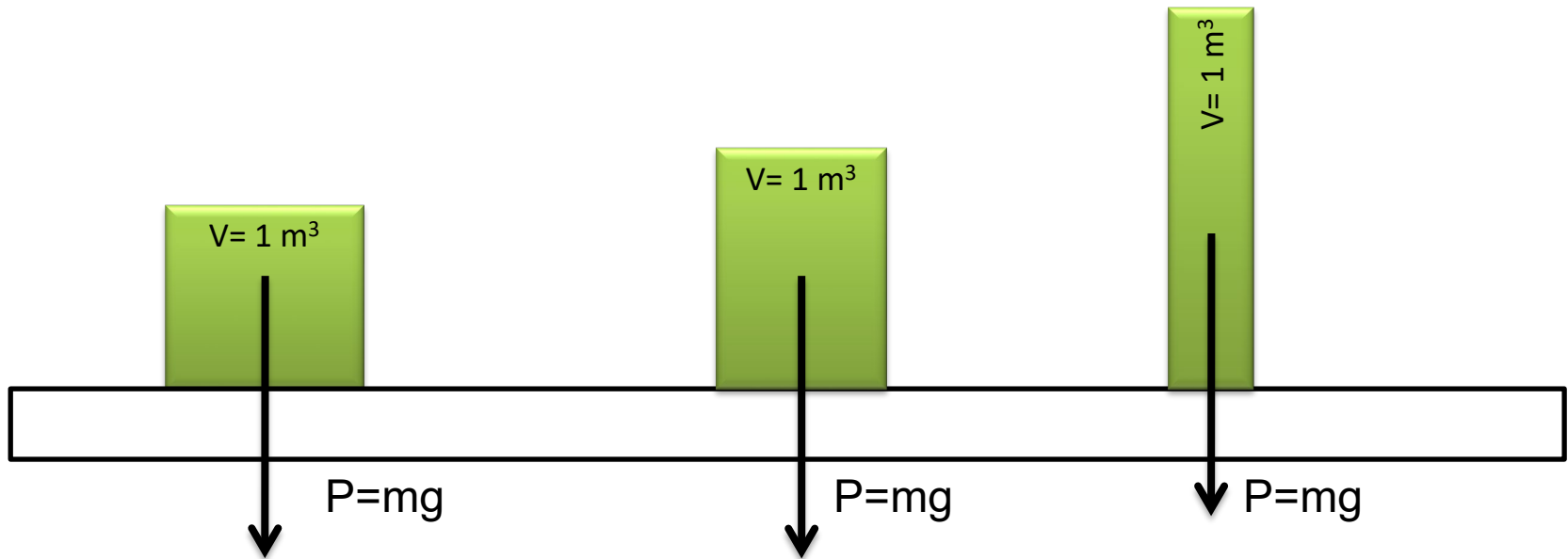
$$P_s = \frac{P}{V} = \frac{m \cdot g}{V} = d \cdot g \Rightarrow \left[\frac{N}{m^3} \right]$$

La densità è una grandezza derivata e nel SI si misura in **[N/m³]**

IMPORTANTE: Il peso specifico dei corpi non è necessariamente costante in tutti i punti del corpo (**corpi omogenei e non omogenei**)

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

PRESSIONE MECCANICA: ESEMPIO



Le tre situazioni illustrate trasmettono al piano mediante superfici di appoggio diverse la stessa FORZA

Si verificano effetti diversi? - Il nuovo fenomeno ci sfugge se non introduciamo una nuova grandezza: la PRESSIONE

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

DEFINIZIONE DI FLUIDO

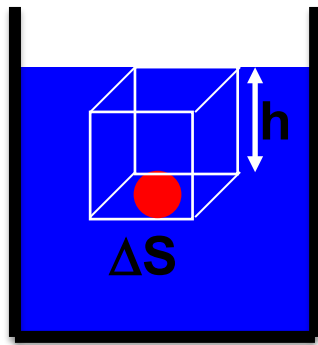
Un fluido è un mezzo continuo senza FORMA propria (i fluidi si adattano alla forma del contenitore)

Fluidi liquidi: hanno volume proprio

Fluidi aeriformi: NON hanno volume proprio

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

LIQUIDI: PRESSIONE IDROSTATICA



UNA COLONNA DI FLUIDO LIQUIDO IN QUIETE DI ALTEZZA h ESERCITA ALLA BASE UNA PRESSIONE PARI A $d g h$.

$$\rightarrow \mathbf{F} = \text{forza} \quad \text{peso} = m \mathbf{g} \rightarrow$$

$$V = \Delta S h$$

$$d = \frac{m}{V}$$



$$m = d V$$

$$P = \frac{F}{\Delta S} = \frac{mg}{\Delta S} = \frac{d V g}{\Delta S} = \frac{d \cancel{\Delta S} h g}{\cancel{\Delta S}} = d g h$$

$$P = d g h$$

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

AREOFORMI: **PRESSIONE ATMOSFERICA**

L'aria è fatta di atomi, ha un peso e quindi esercita una pressione seguendo la legge di Pascal

Esperienza di Torricelli eseguita da Pascal



Fisica
Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

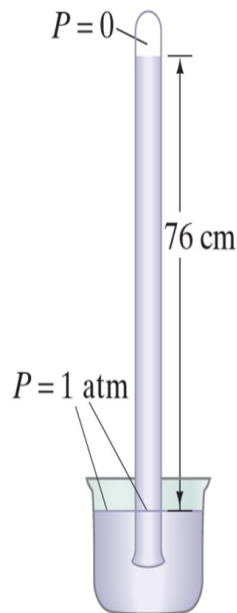
Si narra che per misurare la pressione atmosferica Pascal si servì di un tubo, lungo 15 m, della sezione di 1 cm² sigillato a un'estremità, riempito di vino e posto, con l'apertura verso il basso tenuta chiusa in modo che non entri aria, in una bacinella anch'essa piena di vino. A questo punto viene aperta l'estremità inferiore e si constata che il tubo non si svuota e che il mercurio scende e si posiziona a circa 10,39 m dal pelo libero del vino nella bacinella. Sapendo la densità del vino si ricava la pressione atmosferica.

$$P_{atm} = d_{vino} \cdot g \cdot h_{vino} = 993,80 \cdot \left[\frac{kg}{m^3} \right] \cdot 9,81 \cdot \frac{[m]}{s^2} \cdot 10,39 [m] = 1,013 \cdot 10^5 Pa$$

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

AREOFORMI: PRESSIONE ATMOSFERICA

Esperienza di Torricelli



Fisica
Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

In realtà l'esperimento è stato eseguito con il **mercurio** (per contenere l'altezza). Infatti si può adoperare un tubo, lungo 1 m, della sezione di **1 cm²** e sigillato a un'estremità, viene riempito di mercurio e posto, con l'apertura verso il basso tenuta chiusa in modo che non entri aria, in una bacinella anch'essa piena di mercurio. A questo punto viene aperta l'estremità inferiore e si constata che il tubo non si svuota e che il mercurio scende e si posiziona a **76 cm** dal pelo libero del mercurio nella bacinella. Come prima, sapendo la densità del mercurio, si ricava la pressione atmosferica.

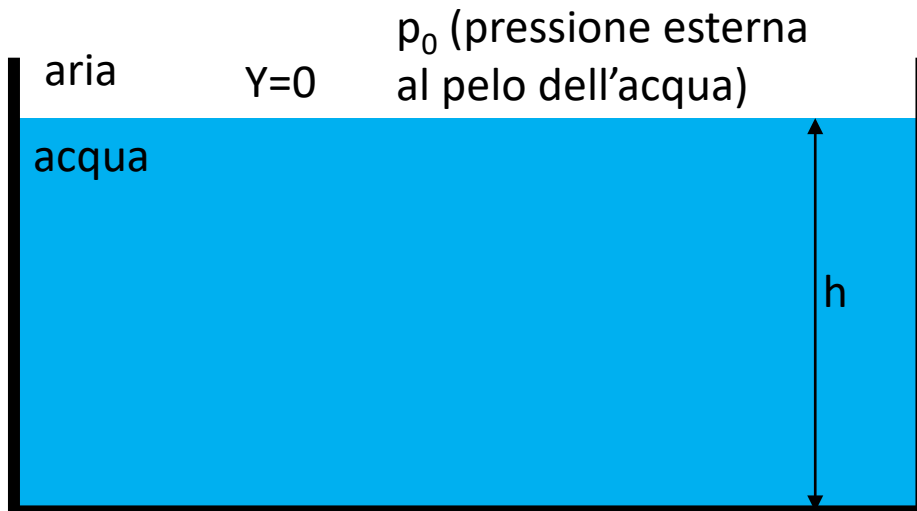
$$P_{atm} = P_{hg} = d \cdot g \cdot h_{hg} = 13579 \cdot \frac{[kg]}{[m^3]} \cdot 9,8 \cdot \frac{[m]}{s^2} \cdot 0,76 [m] = 1,013 \cdot 10^5 Pa$$

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

LIQUIDI-AREOFORMI: **PRESSIONE ATMOSFERICA-IDROSTATICA**

Abbiamo trattato la pressione idrostatica e la pressione atmosferica, spesso sono presenti contemporaneamente. (Vedi figura)

Sul pelo libero agisce la pressione atmosferica P_0 che in profondità si somma alla pressione idrostatica in pari a $d g h$.



La pressione sul fondo è espressa dalla legge di

Stevino



$$p_{\text{fondo}} = p_0 + dgh,$$

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

PRESSIONE E FORMA DEL RECIPIENTE

La pressione non dipende dalla forma del recipiente

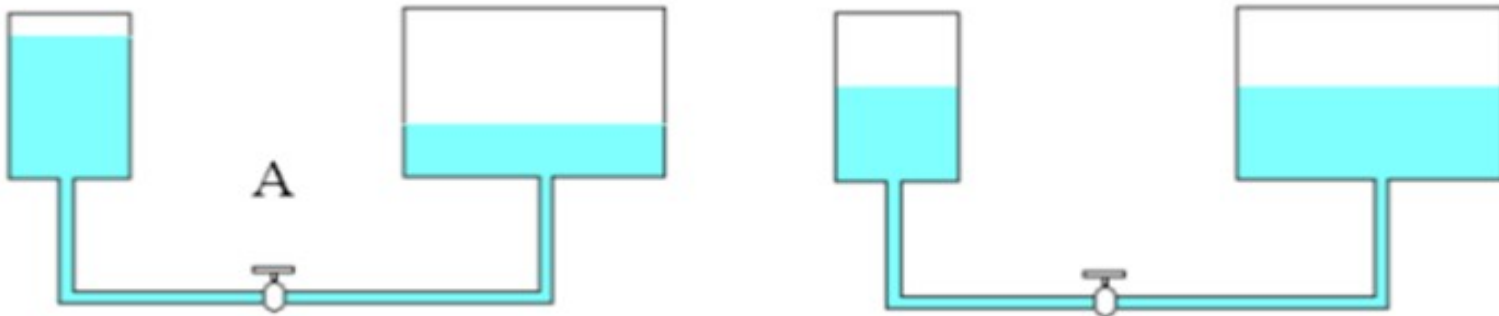


Nella figura è rappresentata la situazione di tre forme diverse di recipiente, riempiti di liquido fino allo stesso livello. La membrana di gomma sul fondo si deforma nei tre casi sempre della stessa misura, questo ci dice che la pressione dipende dall'altezza del liquido ma non dalla forma del recipiente.

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

VASI COMUNICANTI

Il **principio dei vasi comunicanti** afferma che in un sistema di recipienti tra loro comunicanti, un liquido di densità costante raggiunge lo stesso livello in tutti i recipienti, quale che sia la loro forma.



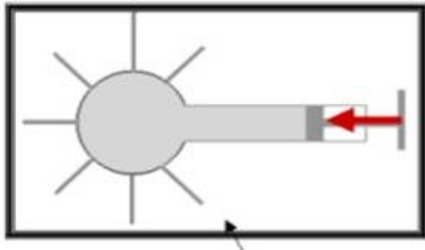
Con il rubinetto chiuso, essendo l'altezza del liquido nei due vasi diversa, esiste una differenza di pressione ai due lati del rubinetto

Con il rubinetto aperto, la differenza di pressione provoca un movimento di liquido, che cessa quando il livello raggiunto è lo stesso (in tal caso la pressione è la stessa)

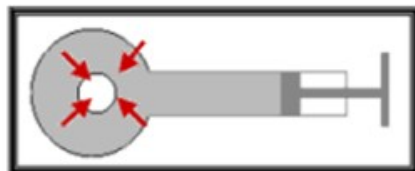
STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

LEGGE DI PASCAL

La pressione esercitata su una superficie qualunque di un liquido si trasmette con la stessa intensità su ogni altra superficie a contatto con il liquido, indipendentemente da come questa è orientata.



Applicando una forza sul pistone, esso a sua volta esercita una forza sul liquido. L'aumento di pressione genera una forza **perpendicolare alle** pareti del recipiente. La velocità degli zampilli aumenta all'aumentare della forza applicata.

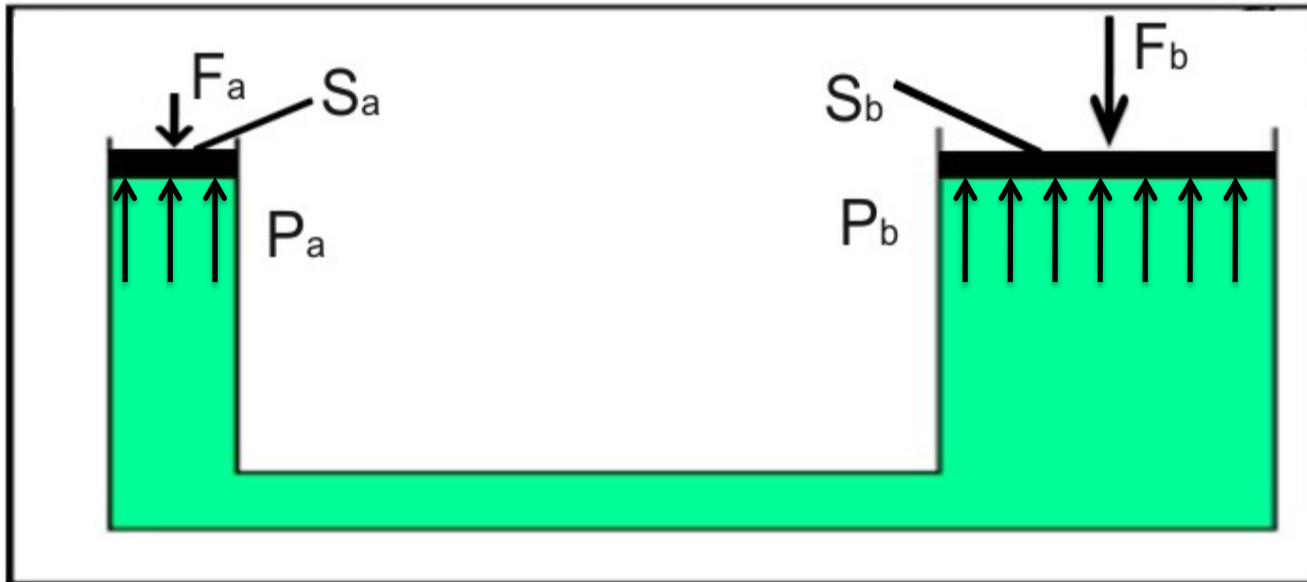


Un palloncino pieno d'aria immerso nel liquido si rimpicciolisce mantenendo la stessa forma poiché la pressione ha in ogni punto la stessa intensità ed è in ogni punto perpendicolare alla superficie-

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

IL TORCHIO IDRAULICO

Il Torchio idraulico è formato da due cilindri comunicanti di superficie di base diverse con pistoni .



$$P_a = P_b$$

$$P_a = F_a / S_a$$

$$P_b = F_b / S_b$$

$$F_a / S_a = F_b / S_b$$

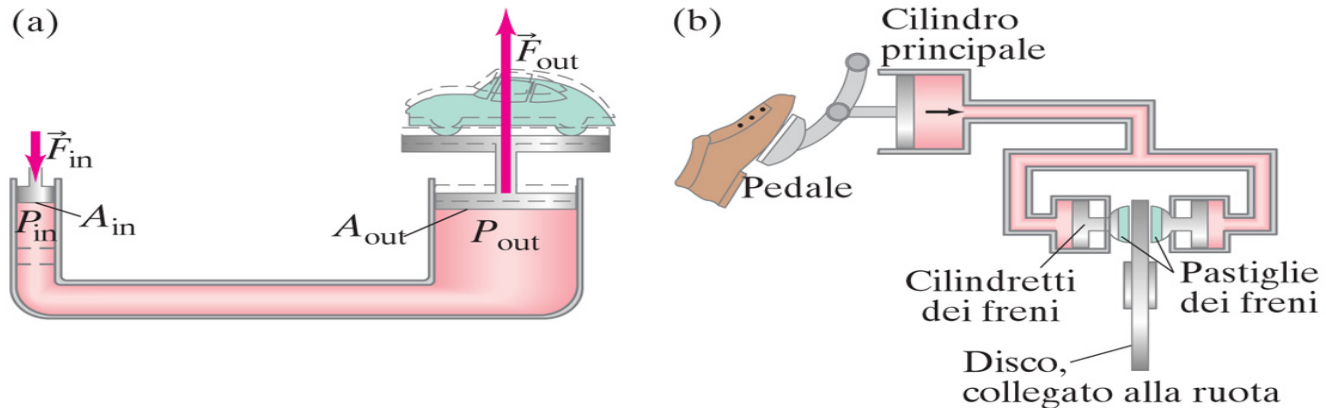
$$F_b = F_a \frac{S_b}{S_a}$$

Consente di equilibrare una forza molto intensa esercitando una piccola forza su un liquido. La forza F_a viene amplificata;

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

IL TORCHIO IDRAULICO: APPLICAZIONI

Cric, martinetto, freni sono solo alcune delle macchine che si basano su questa legge

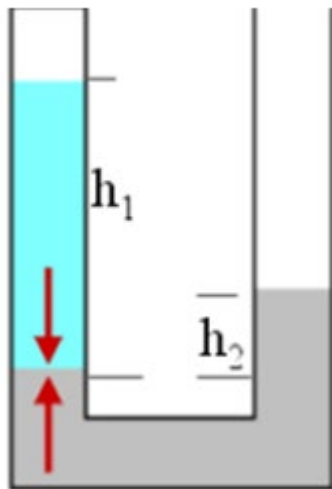


Fisica

Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

EQUILIBRIO DI LIQUIDI NON OMOGENEI NÉ MISCIBILI



Per avere l'equilibrio la pressione esercitata dai due liquidi sulla superficie di separazione deve essere la stessa

$$p_o + d_1 g h_1 = p_o + d_2 g h_2$$



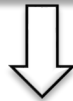
$$d_1 g h_1 = d_2 g h_2$$



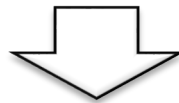
$$d_1 h_1 = d_2 h_2$$



$$d_1 h_1 = d_2 h_2$$



$$d_1 / d_2 = h_2 / h_1$$



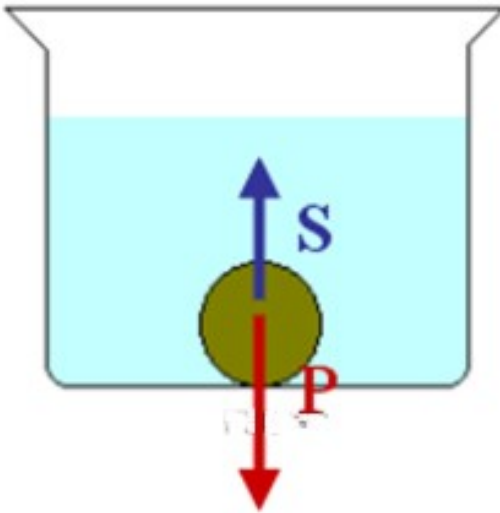
Le altezze h_1 e h_2 sono inversamente proporzionali alle densità

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

PRINCIPIO D'ARCHIMEDE (spinta)

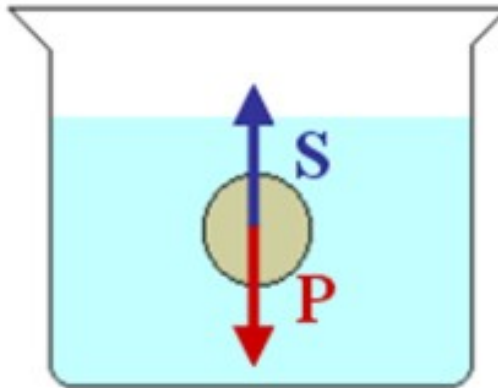
Un corpo, immerso in un fluido in equilibrio, subisce una spinta verso l'alto pari al peso del fluido spostato: $S = \rho_l V$ (la spinta è applicata al baricentro del fluido spostato) (V è il volume della parte del corpo immersa)

ρ_c : Peso specifico corpo - ρ_l : Peso specifico liquido



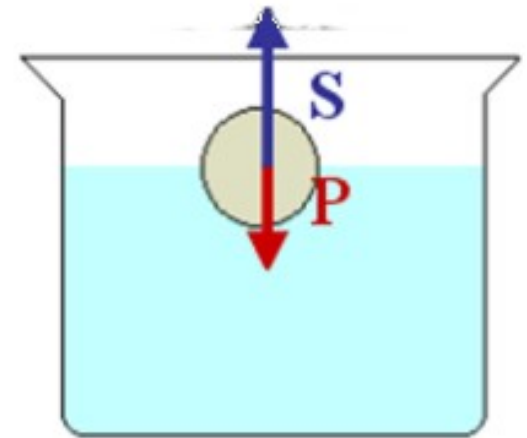
$$S < P \leftrightarrow \rho_l < \rho_c$$

Affonda



$$S = P \leftrightarrow \rho_l = \rho_c$$

In equilibrio



$$S > P \leftrightarrow \rho_l > \rho_c$$

Galleggia

STATICA - EQUILIBRIO DEI FLUIDI

PRESSIONE MECCANICA: DEFINIZIONE -bis

LA PRESSIONE È UNA FORZA DISTRIBUITA SU DI UNA SUPERFICIE

La pressione è data dal rapporto fra una forza esercitata perpendicolarmente e uniformemente su una superficie e l'area della superficie.

$$\text{Pressione} = \frac{\text{Forza perpendicolare}}{\text{Superficie}} \qquad P = \frac{F_{\perp}}{S}$$

$$Pa_{(Pascal)} = \frac{N_{(Newton)}}{m^2_{(metroquadro)}}$$

Altre unità di misura non nel sistema SI:

1. 1 bar = 10^5 Pa
2. 1 atm = $1,01 \cdot 10^5$ Pa \Rightarrow 1 atm \sim 1 bar