

Il Corso di Fisica per Scienze Biologiche

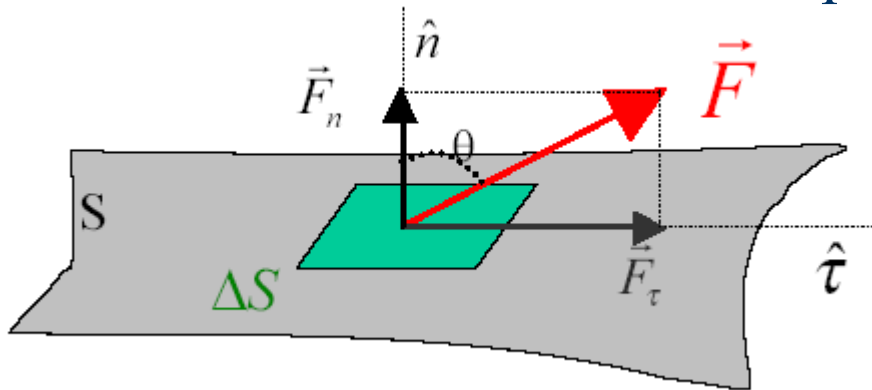
- Prof. Attilio Santocchia
- Ufficio presso il Dipartimento di Fisica (Quinto Piano) Tel. 075-585 2708
- E-mail: attilio.santocchia@pg.infn.it
- Web: <http://www.fisica.unipg.it/~attilio.santocchia>
- Testo: Fondamenti di Fisica (Halliday-Resnick-Walker, Casa Editrice Ambrosiana)

Statica e Dinamica dei Fluidi

- ◆ I **fluidi** sono una particolare categoria di sistemi per i quali è necessario sviluppare delle considerazioni differenti.
- ◆ Sono classificabili come fluidi i liquidi ed i gas. La distinzione fra queste due categorie non è netta in quanto si passa con continuità dall'uno all'altro.
- ◆ La distinzione viene quindi fatta in modo chiaro solo fra **solidi e fluidi**.
- ◆ Convenzionalmente si dice che i sistemi solidi sono definiti da una forma fissa.
- ◆ Andrebbe precisato anche *per quanto tempo*. Esistono infatti sistemi apparentemente solidi che non lo sono strettamente in quanto la loro forma varia su una scala temporale molto lunga (mesi, anni, secoli ed oltre). Essi sono detti vetri. Hanno un comportamento vetroso anche materiali come i polimeri e molti altri.

La Pressione

- ◆ La **Pressione** viene definita come la forza che tiene in contatto i due corpi, divisa per la superficie di contatto
- ◆ La pressione viene definita anche per un corpo solido in contatto con un altro su una superficie S



$$p \equiv \frac{F_n}{\Delta S} = \frac{|\vec{F}| \cos \theta}{\Delta S}$$

- ◆ La pressione è una grandezza scalare. L'unità di misura è il **Pascal** (Pa) che è la pressione esercitata da una forza di 1 Newton su una superficie di 1 m^2
- ◆ Altre unità di misura comunemente usate sono il millibar ($10^2 Pa$) e l'atmosfera ($1,013 \cdot 10^5 Pa$)

La Pressione nei Fluidi

- ◆ Nel caso di Fluidi la definizione è la stessa
- ◆ Per misurare le pressioni si fa uso in generale di strumenti simili ai dinamometri...
- ◆ Ad esempio, le pressioni maggiori raggiungibili (attualmente) sono di circa 300GPa, mentre le pressioni minime, cioè il vuoto migliore ottenibile è di circa 1 fPa.
- ◆ I fluidi sono in genere omogenei, questa caratteristica ne controlla il comportamento.
- ◆ In condizioni di equilibrio, cioè in assenza di moti, la pressione in un fluido è uguale in tutti i suoi punti (assumendo che non ci sia la forza di gravità). La pressione presente nel fluido è detta pressione **idrostatica**.
- ◆ Il fatto che la pressione idrostatica sia uguale in ogni punto del fluido consegue dalla legge del moto: all'equilibrio ogni elemento di fluido non è soggetto a forze, cioè la somma delle forze è nulla.
- ◆ Tutte le leggi che riguardano i fluidi sono dirette conseguenze delle leggi del moto che abbiamo visto... opportunamente adattate!

Densità e Peso Specifico

- ◆ Si definisce densità di una sostanza omogenea il rapporto tra la massa di tale sostanza ed il volume occupato

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

- ◆ Le dimensioni della densità sono $[\rho] = [m \cdot l^{-3}]$ e l'unità di misura nel S.I. è il Kg/m^3
 - Spesso si usano anche i $g/cm^3 = 10^{-3}Kg/(m10^{-2})^3 = 10^3Kg/m^3 = 1kg/litro$
- ◆ In genere la densità di un corpo (sostanza) dipende dalla sua temperatura poiché il volume varia al variare di T
- ◆ Il peso specifico è il rapporto tra il peso e il volume di un corpo

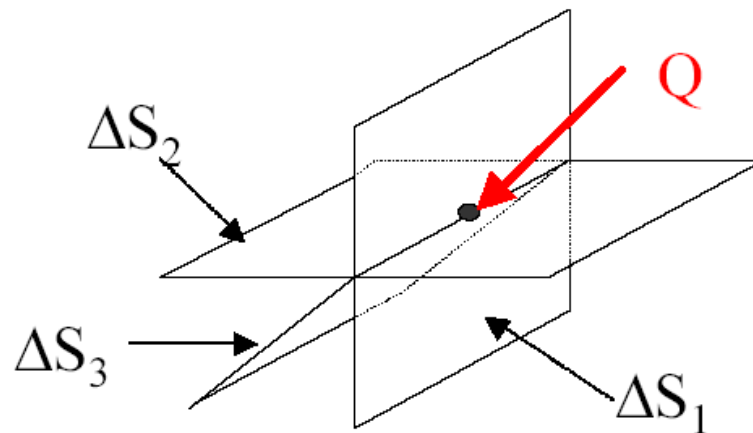
$$\sigma = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

Cosa sono i Fluidi?

- ◆ **Definizione Intuitiva:** I Fluidi sono sostanze non aventi forma propria
 - Liquidi: fluidi dotati di volume proprio
 - Aeriformi: fluidi non dotati di volume proprio
- ◆ Tale definizione ha problemi nel descrivere le gelatine
- ◆ **Definizione Corretta:** I Fluidi sono sostanze in cui, all'equilibrio, tutti gli sforzi interni hanno direzione normale alle rispettive superfici (in una gelatina questo non succede)
 - Liquido: fluido dotato di bassissima compressibilità isoterma
 - Aeriforme: fluido dotato di elevata compressibilità isoterma

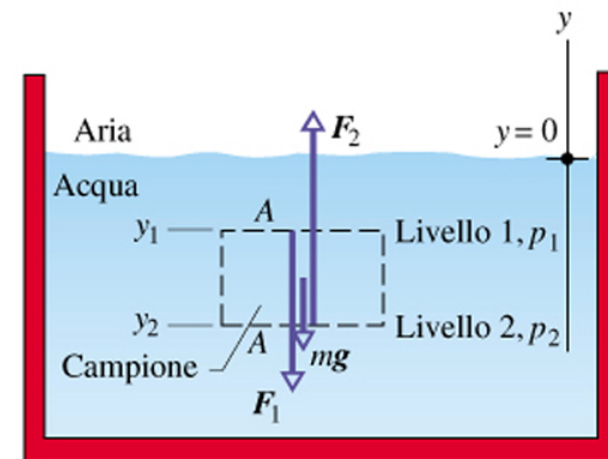
Pressione in un Punto

- ◆ Consideriamo un punto Q in un fluido all'equilibrio.
- ◆ Consideriamo inoltre diverse areole ΔS_i contenenti Q . Si trova che
 - La pressione “ p ” non dipende dall'orientamento della areola considerata.
- ◆ Quindi possiamo parlare di *pressione nel punto Q* senza alcuna altra specificazione



Leggi fondamentali dell'idrostatica (1)

- ◆ Consideriamo un liquido in quiete e un parallelepipedo
- ◆ Il fatto di essere all'equilibrio ci permette di trattare il parallelepipedo come se fosse rigido
- ◆ Per definizione di fluido, le forze agenti sulle superfici laterali sono ad esse normali e siccome il liquido è in quiete la risultante di esse è nulla (d'ora in poi le trascuriamo)
- ◆ Consideriamo la forza di gravità P agente sul centro di massa
- ◆ Sulla faccia superiore (Livello 1) del parallelepipedo agisce una forza $|F_1| = p_1 \cdot A$ diretta verso il basso
- ◆ Sulla faccia inferiore (Livello 2) del parallelepipedo agisce una forza $|F_2| = p_2 \cdot A$ diretta verso l'alto

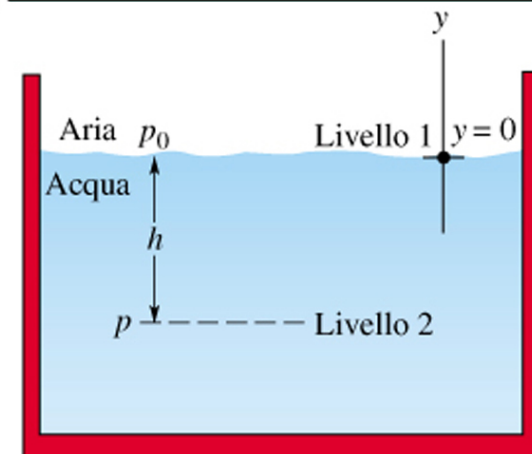
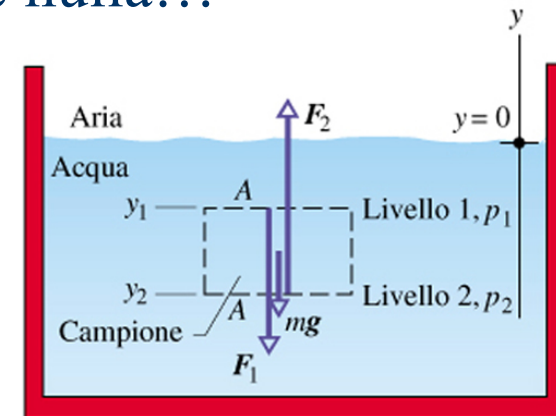


Leggi fondamentali dell'idrostatica (2)

- ◆ Il Parallelepipedo è in quiete...
- ◆ quindi la risultante delle forze $F_1 + F_2 + P$ è nulla...
- ◆ cioè
$$p_2 A = p_1 A + \rho A g (y_1 - y_2) \Rightarrow$$
$$p_2 = p_1 + \rho g (y_1 - y_2)$$

- ◆ Questa è una legge generale valida per i fluidi (quindi anche per l'atmosfera terrestre)
- ◆ La pressione in un punto di un fluido in equilibrio statico dipende solo dalla profondità di quel punto

$$p = p_0 + \rho g h$$



Pressione in un punto

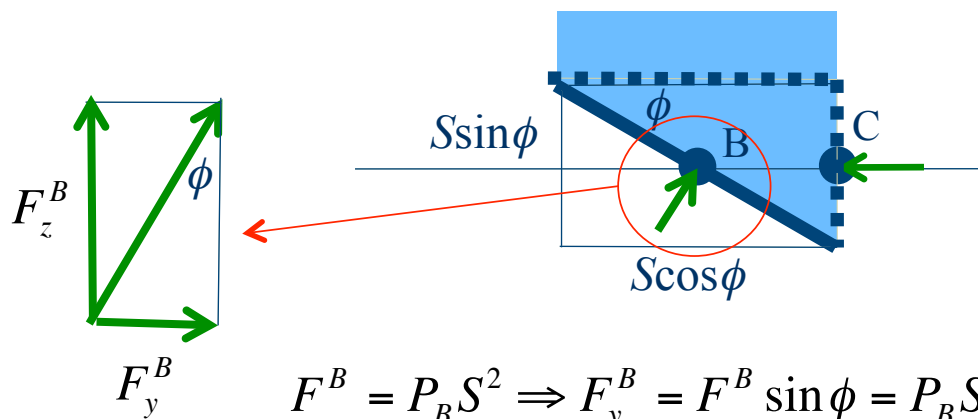
- ◆ Dimostriamo che la pressione in un punto non dipende dalla superficie scelta (e dall'inclinazione della superficie)
- ◆ La legge nel lucido #9 è valida per una superficie orizzontale... cosa succede se la superficie è obliqua?
- ◆ Consideriamo un quadrato di lato S e di superficie S^2 ad una profondità L rispetto alla superficie (figura a sx) e lo stesso quadrato ruotato di un angolo ϕ lungo l'asse centrale del quadrato (figura a dx)



- ◆ Nella figura a sx (il quadrato è orizzontale) la pressione nel punto A vale ρLg
- ◆ Nella figura a dx (il quadrato è ruotato di un angolo ϕ) dobbiamo calcolare la proiezione sull'asse orizzontale delle forze agenti sulla massa azzurra

Pressione in un punto

- ◆ Vediamo le proprietà del punto B. La pressione nel punto B è legata alla forza di pressione F^B (verde) che agisce sulla superficie del quadrato
- ◆ Per il punto C la forza F^C è sempre legata alla pressione (orizzontale) che agisce sulla superficie verticale evidenziata dalla linea tratteggiata blue verticale
- ◆ Il volume definito dalla superficie quadrata, dalla linea tratteggiata verticale e orizzontale è in quiete e quindi (per il secondo principio della dinamica) la risultante delle forze (in particolare proiettate sull'asse orizzontale) deve essere nulla



La pressione in B e C è uguale

Non sorprende perché sono alla stessa profondità

Non dipende da ϕ

**B e C possono essere vicini
quanto voglio**

$$F^B = P_B S^2 \Rightarrow F_y^B = F^B \sin \phi = P_B S^2 \sin \phi$$

$$F^C = P_C (S S \sin \phi) \Rightarrow F^C = F_y^C = P_C S^2 \sin \phi$$

$$F_y^B = -F_y^C \Rightarrow P_B S^2 \sin \phi = P_C S^2 \sin \phi \Rightarrow P_B = P_C$$

Legge di Stevino

Una colonna di liquido in quiete, di altezza h , esercita alla base una pressione (idrostatica) pari a ρgh

- ◆ Esempio: corpo immerso in un liquido (acqua) a 10m di profondità

$$\rho_{H_2O} = 10^3 \text{ Kg/m}^3; h = 10\text{m}; \Delta p = p - p_0 = \rho gh$$

$$\Delta p = 10^3 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9.8\text{m/s}^2 \cdot 10\text{m} \approx 10^5 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{m}^3 \cdot \text{s}^2} = 10^5 \text{ Pa} \approx 1\text{atm}$$

- ◆ Pressione media del corpo umano

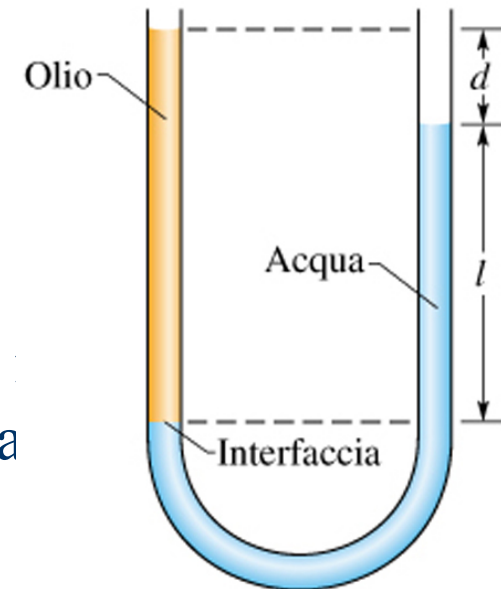
- In medicina la pressione si misura in *Torr* (da Torricelli);
- $1\text{Torr} = 133\text{Pa} = 1\text{mm Hg} \rightarrow 1\text{atm} = 760\text{Torr}$
- La pressione media del sangue quando viene pompato dal cuore nell'aorta è di circa $p_R = 100 \text{ Torr}$
- Questa è una pressione relativa e ci dice di quanto la pressione sanguigna supera quella atmosferica. La pressione assoluta del sangue nell'aorta è $p = p_0 + p_R = 860 \text{ Torr}$
- La pressione massima (sistolica) è circa 120 Torr e la pressione minima (diastolica) è circa 80 Torr .

Misurazione della Pressione

- ◆ Gli strumenti di misura della pressione si chiamano **manometri**. In casi particolari:
 - **barometri**: per la pressione atmosferica
 - **sfigmomanometri**: pressione arteriosa
- ◆ Il **manometro** è collegato ad un bracciale che può essere gonfiato con aria per mezzo di una pompa di gomma. Gonfiando il bracciale **si può impedire il passaggio del sangue** attraverso le arterie del braccio. Il sangue inizia a passare quando la sua **pressione sistolica eguaglia quella del bracciale**, misurata dal manometro. Usando uno stetoscopio si sente un rumore che termina quando la pressione diastolica del sangue eguaglia quella del bracciale.

Vasi Comunicanti

- ◆ Consideriamo un sistema composto da due liquidi non mischiabili (acqua e olio).
- ◆ Il liquido meno denso (olio $\rightarrow 1$) si dispone sopra quello più denso (acqua $\rightarrow 2$)
- ◆ Consideriamo il livello a profondità $d+l$ dalla superficie di separazione dei due liquidi. All'equilibrio, la pressione è costante su tutto il livello. Quindi, la pressione data dalla colonna sinistra è uguale alla pressione data dalla colonna di destra.

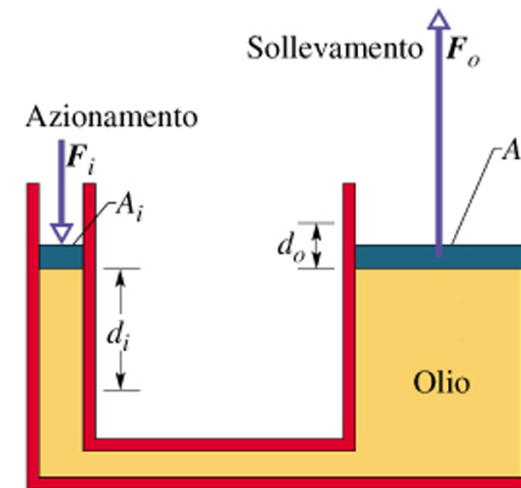


$$p_0 + \rho_1 g(d + l) = p_0 + \rho_2 g l \Rightarrow \rho_1 (d + l) = \rho_2 l \Rightarrow$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{l}{d + l}$$

I Martinetti Idraulici

- ◆ L'uniformità della pressione all'interno del fluido ha delle notevoli conseguenze.
- ◆ La pressione esercitata sulle pareti del contenitore è la stessa ovunque. Una semplice applicazione di questa osservazione sono le movimentazioni idrauliche.



$$p = \frac{F_{in}}{A_{in}} = \frac{F_{out}}{A_{out}} \quad \text{se} \quad A_{in} \ll A_{out} \Rightarrow F_{out} \gg F_{in}$$

Principio di Archimede

- ◆ Consideriamo una superficie chiusa S in un fluido in quiete, di densità ρ_1
- ◆ La forza peso $P=mg=\rho_1 \cdot Vg$ della massa del fluido racchiusa nella superficie S è equilibrata dalla risultante delle forze di pressione ρ_1
- ◆ Supponiamo di sostituire la massa di fluido racchiusa da S con un corpo solido, liquido o gassoso avente lo stesso contorno S e densità ρ_2 (come ad esempio un pezzo di legno o una pietra)
- ◆ Le forze di pressione sono rimaste invariate, perché dipendono solo dalla pressione esterna, dalla profondità e dalla densità ρ_1 del fluido
- ◆ Esse, come prima, sono date da $(\rho_1 \cdot Vg)$, cioè vale il **principio di Archimede**:

Un corpo immerso in un fluido riceve una spinta verticale verso l'alto pari al peso del volume di fluido spostato

