

Sintesi del capitolo

1. Proprietà fondamentali e statica dei fluidi

- **Definizione di fluido:** sostanze che non hanno forma propria e non possono opporsi a sforzi di taglio. I **liquidi** non hanno forma propria ma hanno un proprio volume e sono considerati incompressibili.
- **Densità (ρ):** rapporto massa/volume (kg/m^3 nel S.I., g/cm^3 in CGS).
Valori di riferimento: acqua (1000 kg/m^3 , 1 g/cm^3 , 1 kg/l) e sangue (1050 kg/m^3).
- **Pressione ($p = F_n/\Delta S$):** grandezza scalare data dalla componente perpendicolare della forza per unità di superficie ($\text{Pa} = \text{N/m}^2$ nel S.I., $\text{Ba} = \text{dyn/cm}^2$ in CGS; con $1 \text{ N} = 10^5 \text{ dyn}$ e $1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2$, dunque $1 \text{ Pa} = 10 \text{ Ba}$). Nei fluidi in equilibrio è isotropa (è la stessa e agisce in tutte le direzioni).
- **Legge di Stevino:** in un fluido la pressione aumenta con la profondità ($p = \rho hg$), interpretabile come la pressione dovuta al peso della colonna di fluido soprastante. Consente di tradurre una pressione in altezza (è alla base del funzionamento dei manometri). Torricelli: $p_{\text{atm}} = 760 \text{ mmHg}$, con $1 \text{ mmHg} \sim 133,3 \text{ Pa} = 1333 \text{ Ba}$. Inoltre, $1 \text{ cmH}_2\text{O} \approx 980 \text{ Ba} = 98 \text{ Pa}$ e una colonna di circa 10 m di H_2O eguaglia la pressione atmosferica. $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$. Spiega fenomeni come il gradiente pressorio tra cuore e arti inferiori.
- **Principio di Pascal:** Una variazione di pressione in un punto di un fluido incompressibile si trasmette inalterata a tutto il fluido. Per Stevino, se sulla superficie libera del fluido insiste , allora $p_{\text{tot}} = p_{\text{atm}} + \rho gh$.
- **Principio di Archimede:** Un corpo immerso in un fluido riceve una spinta verso l'alto pari al peso del fluido spostato. È alla base del galleggiamento: quando $p_{\text{oggetto}} < p_{\text{fluido}}$, l'oggetto galleggia, altrimenti affonda. Gli eritrociti non galleggiano ma sedimentano nel sangue in provetta (VES).

2. Dinamica dei fluidi

- **Portata ($Q = \Delta V/\Delta t$):** volume di fluido che attraversa una sezione di un condotto nell'unità di tempo (m^3/s nel S.I., cm^3/s in CGS, l/min). Se il moto del fluido è stazionario, la portata dipende solo dal punto di osservazione e non cambia nel tempo.
- **Equazione di continuità:** Per un fluido incompressibile in moto stazionario in un condotto senza perdite: $Q = Sv = \text{costante}$. Un restringimento causa aumento di velocità e viceversa. Se il raggio di un condotto cilindrico si dimezza, la velocità quadruplica (la sezione cambia con r^2). Attenzione: se un condotto si ramifica, conta la sezione totale (somma su tutti i condotti secondari): la velocità del sangue è minima nel distretto capillare.
- **Teorema di Bernoulli** (fluidi ideali, scorrono senza perdite di energia): esprime la conservazione dell'energia meccanica totale. Nello scorrimento si mantiene costante la somma: $p + \rho gh + 1/2\rho v^2$ (densità di energia di pressione, potenziale gravitazionale e cinetica). A parità di h : in una stenosi (r diminuisce), v aumenta (continuità) $\Rightarrow p$ diminuisce (Bernoulli) e questo può portare a un ulteriore restringimento; in un aneurisma: r aumenta, v diminuisce $\Rightarrow p$ aumenta, con rischio di ulteriore dilatazione.
- **Teorema di Torricelli** (applicazione di Bernoulli): la velocità di efflusso di un liquido da un foro a una differenza di livello h rispetto alla superficie libera del liquido vale: $v = \sqrt{2gh}$ (come per un corpo in caduta libera dalla stessa quota).

3. Fluidi reali e viscosità

- **Viscosità** (η): attrito interno che causa resistenza allo scorrimento del fluido (Pa·s nel S.I., poise, P nel sistema CGS).
- **Moto laminare**: il fluido scorre in modo ordinato, a strati (linee di flusso che non si incontrano), silenzioso. Le forze di attrito viscoso sono proporzionali alla superficie delle lamine, quindi maggiori verso l'esterno rispetto al centro in un condotto cilindrico (profilo parabolico delle velocità).
- **Legge di Poiseuille**, per il moto laminare vale: $Q = \frac{\pi r^4}{8\eta L} \Delta p$, Q è lineare con Δp e la proporzionalità è stabilita dall'inverso della resistenza idraulica, con $R = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$. La portata dipende fortemente dal raggio del condotto (r^4): una piccola riduzione del raggio aumenta enormemente la resistenza al flusso.
- **Legge di Poiseuille e resistenza idraulica**: analogia concettuale con le leggi di Ohm. Δp causa Q , ΔV causa i ; R idraulica dipende dal fluido (η) e dalla geometria del condotto, R elettrica dipende dal materiale (resistività) e dalla geometria del conduttore. Resistenze in serie (stessa Q , stessa i):
 $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + \dots$; resistenze in parallelo (stessa Δp , stessa ΔV): $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$. Nel sistema circolatorio la resistenza di un distretto è la somma delle resistenze dei singoli vasi in parallelo (bassa resistenza nel distretto capillare).
- **Moto turbolento**: disordinato (vortici, mescolamento), rumoroso. La transizione tra il regime laminare e il regime turbolento dipende dal **numero di Reynolds**: $Re = \frac{\rho v D}{\eta}$ (adimensionale) e dal superamento di un valore di Re critico (v critica) più facile per condotti irregolari. Q non è più lineare con Δp , ma aumenta più a fatica.

4. Fenomeni di superficie

- **Tensione superficiale**: forza che tende a minimizzare l'area superficiale di un liquido, causata dalle forze di coesione molecolare (e dal bilancio tra queste e le forze di adesione tra molecole di liquido e molecole del materiale con cui è a contatto). $\tau = F/\ell$, con τ in N/m (S.I.) o dyn/cm (CGS) all'interfaccia tra liquido/altro materiale.
- **Capillarità**: risalita o abbassamento di un liquido in tubi sottili dovuta all'equilibrio tra forze di coesione (liquido-liquido) e adesione (liquido-parete).
- **Legge di Laplace**: lega la differenza di pressione tra interno ed esterno di una superficie curva di un liquido alla sua tensione superficiale e raggio, $\Delta p = 2 \tau / r$ (bolla d'aria in un liquido). Fondamentale per la stabilità degli alveoli polmonari e dei vasi sanguigni (tensione elastica di membrana).

Altri esempi di applicazioni mediche nel capitolo

- Misura della pressione sanguigna (120-80 mmHg): uso del manometro a U e dello sfigmomanometro.
- Procedure cliniche: funzionamento idrostatico di flebo e sondino gastrico, ventilazione meccanica.
- Fisiologia: ritorno venoso, pompa muscolare e adattamenti cardiovascolari posturali.