

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TERAMO

Fisica

Medicina Veterinaria — Semestre Aperto
2026

Prof. Francesco de Pasquale

Lezioni 22 e 23

Outline

Lezione 22

- Stati di aggregazione della materia: caratteristiche fondamentali dei fluidi rispetto ai solidi
- Definizione di pressione e densità e loro ruolo nel comportamento statico e dinamico dei fluidi

Lezione 23

- Leggi dell'idrostatica: legge di Stevino per la pressione nei liquidi in funzione della profondità
- Esempi Stevino

Stati di Aggregazione della Materia

I fluidi sono uno stato di aggregazione della materia caratterizzato da **legami molecolari più deboli** rispetto ai solidi. Le molecole oscillano intorno a una posizione di equilibrio senza mantenerla fissa.

Corpo Rigido

Forma **fissa** — Volume **fisso**

Liquido

Forma **variabile** — Volume **fisso**

Gas

Forma **variabile** — Volume **variabile**

Liquidi e gas compongono la categoria dei **fluidi**.



Legami Molecolari nei Fluidi

Nei fluidi i legami intermolecolari sono sufficientemente deboli da permettere alle molecole di scorrere le une rispetto alle altre. Questo spiega perché i fluidi non hanno una forma propria e si adattano al contenitore.

- i Nei liquidi le molecole sono vicine ma mobili; nei gas sono molto distanti e quasi libere.

La Pressione

Definizione

La pressione è la forza perpendicolare esercitata su una superficie divisa per l'area di quella superficie.

$$P = \frac{F_{\perp}}{A}$$

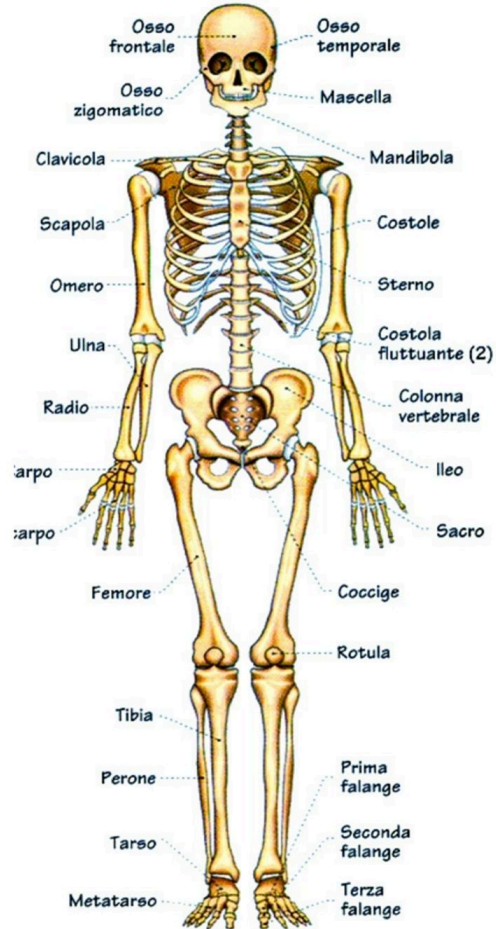
Unità di misura

L'unità SI della pressione è il **Pascal**:

$$[P] = \text{Pascal} = \text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

La forza deve essere **perpendicolare** alla superficie A su cui agisce.

Pressione e Anatomia: le Articolazioni



Adattamento biologico

Nelle articolazioni, le forme delle ossa si "allargano" aumentando la superficie di contatto.

$$P = \frac{F_{\perp}}{A} \quad \text{se } A \nearrow \Rightarrow P \searrow$$

Un'area maggiore riduce la pressione e quindi lo **stress meccanico** sulle cartilagini articolari.

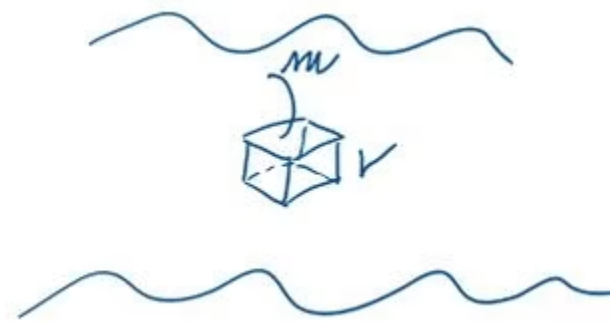
✓ Maggiore superficie → minore pressione → minore usura!

La Densità

Definizione

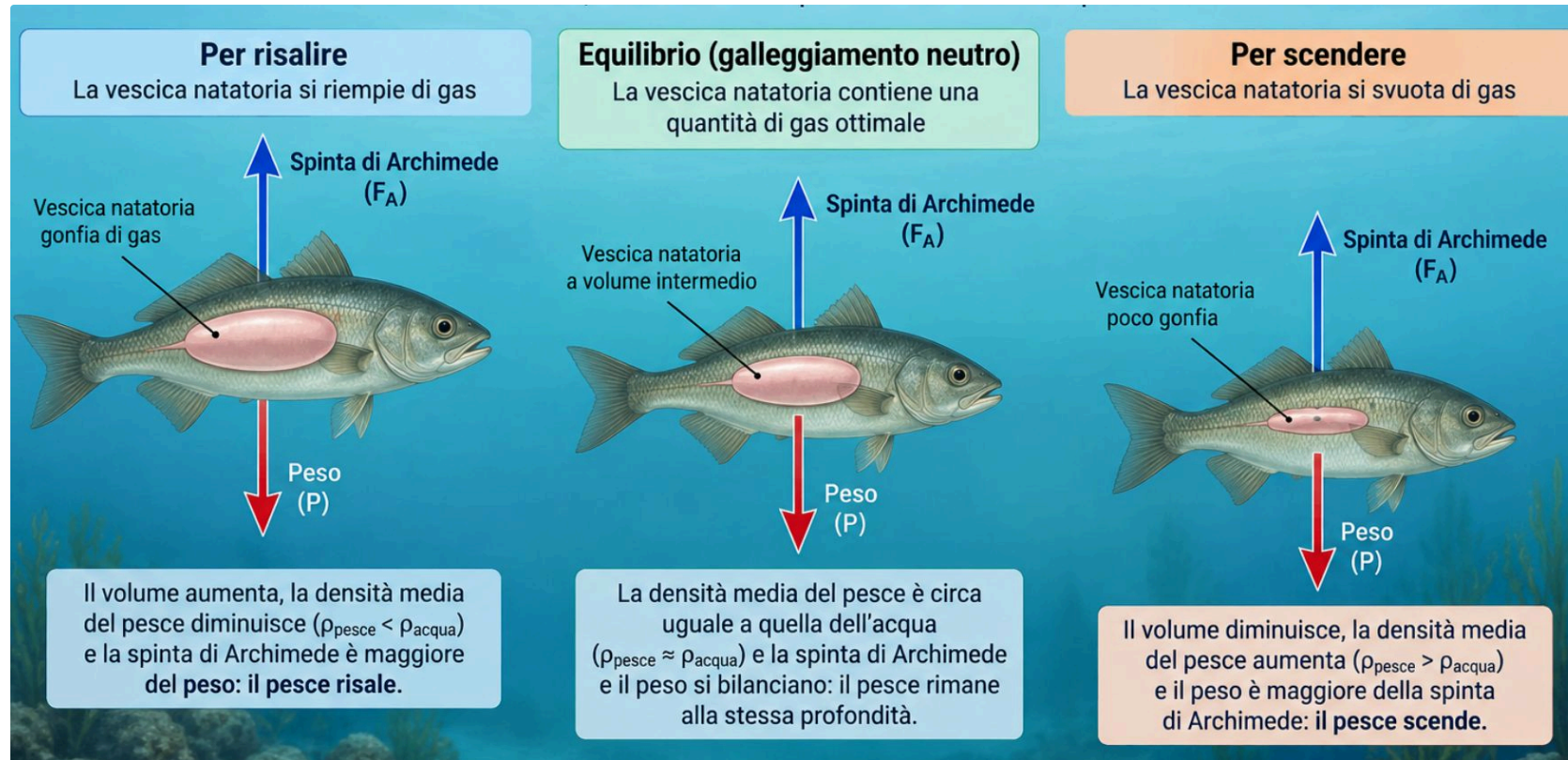
$$\rho = \frac{m}{V}$$
$$[\rho] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

La densità esprime la massa contenuta in un'unità di volume di una sostanza.



Un cubo di massa m e volume V immerso in un fluido: la densità determina il comportamento del corpo nel fluido.

Esempio Biologico: La Vescica Natatoria

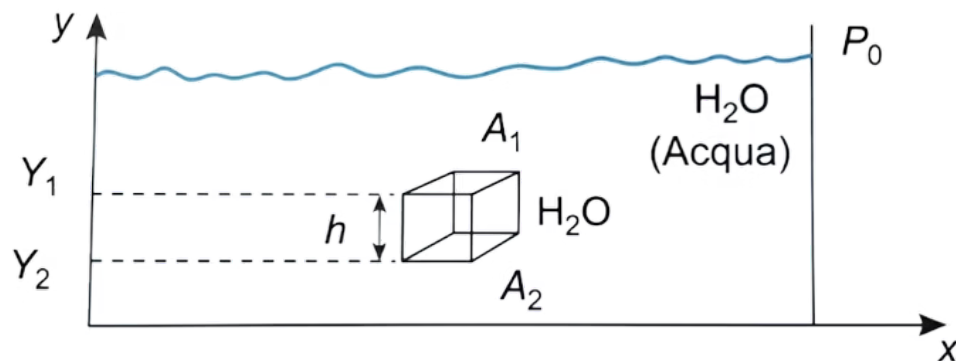


I pesci regolano la propria profondità grazie alla VESCICA NATATORIA : riempiendola di aria, la densità media del pesce diminuisce ($\rho \searrow$), riducendo lo stress e permettendo di salire o scendere nell'acqua senza sforzo muscolare. Estraggono gas direttamente dal sangue o dalla bocca emergendo.

Fluidostatica: $\vec{v} = \vec{0}$

La fluidostatica studia i fluidi in condizioni di **quiete**, ovvero quando la velocità di ogni elemento del fluido è nulla. In queste condizioni si possono ricavare leggi fondamentali come la **Legge di Stevino**.

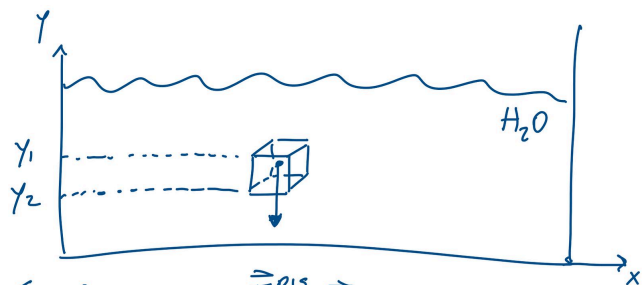
Legge di Stevino



Elemento di fluido

Consideriamo un elemento cubico di fluido a due profondità y_1 e y_2 , con superfici A_1 (sopra) e A_2 (sotto), altezza h .

- Lungo x : le forze si bilanciano $\rightarrow F_x = 0$
- Lungo y : peso + pres
- sione superiore = pressione inferiore



Se in eq. $\vec{F}^{res} = \vec{0}$

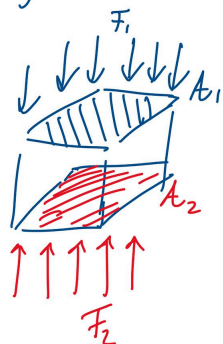
$$\begin{cases} F_x^{res} = 0 \\ F_y^{res} = 0 \end{cases}$$

Su x: $\vec{F} = 0$
 Opri forze e alinuate



$$F_y^{res} = -F_p - F_1 + F_2 = 0$$

$$-m_{H_2O} \cdot g - p_1 A_1 + p_2 A_2 = 0$$



$$F \Rightarrow p_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

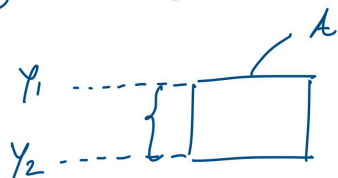
$$-m_{H_2O} g - p_1 A + p_2 A = 0$$

$$F_1 = p_1 A_1$$

$$F_2 = p_2 A_2$$

$$-\underbrace{\rho_{H_2O} V}_{m} \cdot g - p_1 A + p_2 A = 0$$

$$[A_1 = A_2 = A]$$

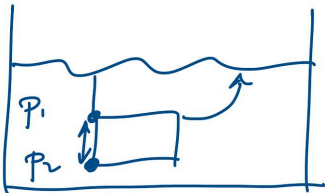


$$(y_1 - y_2) = h$$

$$V = Ah$$

$$\rho_{H_2O} \cdot A \cdot h \cdot g - P_1 A + P_2 A = 0$$

$$P_2 = P_1 + \rho g h$$



$P_1 \rightarrow P_0$ del livello del mare

$$P_2 \rightarrow P$$

$$P = P_0 + \rho g h$$

Valle sia nei liquidi che
gas

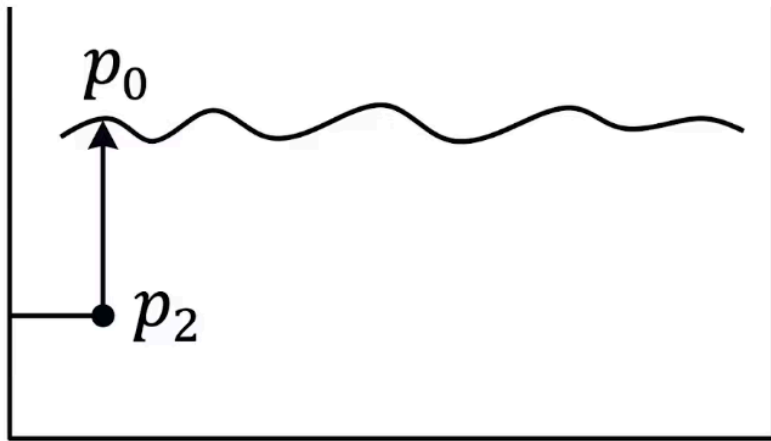
La differenza:

Liquidi $h > 0 \Rightarrow P \nearrow$ all'aumentare della
profondità

gas $h < 0 \Rightarrow P \searrow$ all'aumentare della quota

$$P_0 = 1 \text{ atm} \approx 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa} = \underline{760 \text{ mmHg}}$$

Legge di Stevino



Pressione in un fluido: P_0 è la pressione alla superficie libera; P_2 è la pressione a profondità h dal pelo libero.

Forma generale

$$P = P_0 + \rho gh$$

P

Pressione al punto
considerato

P_0

Pressione superficiale

ρ

Densità del fluido [kg/m^3]

g

Accelerazione di gravità
[m/s^2]

h

Profondità [m]

Casi particolari

- **Liquidi** ($h > 0$): P **aumenta** con la profondità
- **Gas** ($h < 0$): P **diminuisce** con la quota

Conseguenza chiave

i La pressione è la **stessa a uguale profondità**: le superfici a pressione costante sono **orizzontali** (superfici isobare).

Confronto: Liquidi vs Gas

Liquidi

Pressione **aumenta** con la profondità ($h > 0$)

$$P = P_0 + \rho gh \nearrow$$

Densità praticamente costante (incomprimibili)

Gas

Pressione **diminuisce** con la quota ($h < 0$)

$$P = P_0 - \rho g|h| \searrow$$

Densità variabile (comprimibili)

- ❗ Entrambi sono fluidi e obbediscono alla Legge di Stevino, ma con segno opposto per la variazione di pressione.

Conversione Pascal (Pa) - Atmosfere (atm) - mmHg

Pressione atmosferica

$$P_0 = 1 \text{ atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa} \approx 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_0 = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

Qualche valore di riferimento da ricordare a memoria

$$10^3$$

Densità acqua dolce

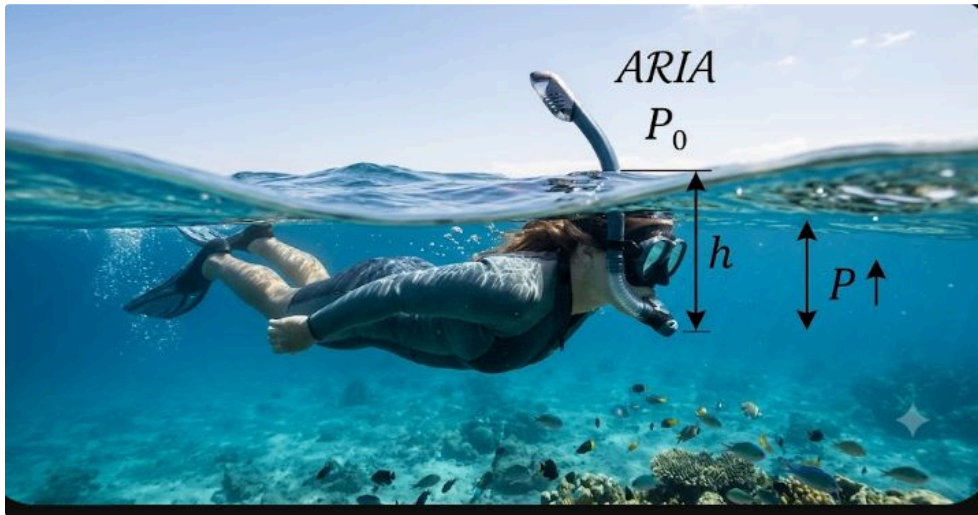
$$\rho_{H_2O} = 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$1025$$

Densità acqua marina

$$\rho_{mare} = 1,025 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

Esempio Biomedico: Snorkeling (Appunti)



Problema

I polmoni collassano quando $\Delta P = P - P_0 = 9,3 \text{ kPa}$.
Calcolare la profondità massima con maschera e boccaglio in acqua marina ($\rho_{mare} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$):

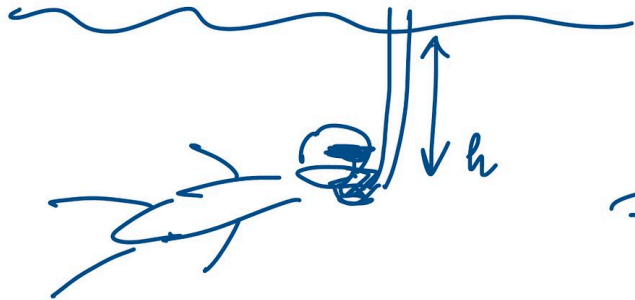
$$h = \frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{9,3 \cdot 10^3}{1,3 \cdot 10^3 \cdot 9,81} \approx 0,73 \text{ m}$$

⊗ Già a **73 cm** di profondità i polmoni collassano!

Soluzione esercizio:

$$\Delta P = 9,3 \text{ KPa}$$

$$h = ?$$



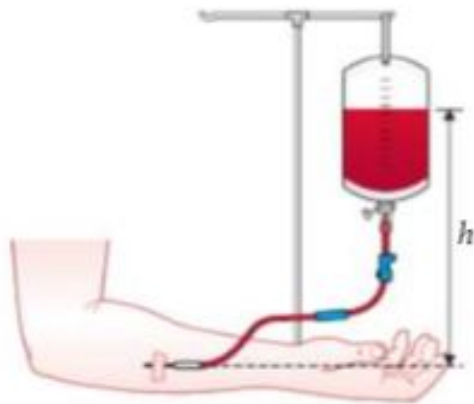
$$P = P_0 + \rho g h$$

$$\underbrace{(P - P_0)}_{\Delta P} = \rho g h$$

$$h = \frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{9,3 \cdot 10^3}{1,310^3 \cdot 9,81}$$

$$\boxed{h = 0,73 \text{ m}}$$

Esempio biomedico la flebo e trasfusione



La soluzione fisiologica contenuta in una flebo, collegata a una vena tramite un tubicino, può penetrare nel circolo sanguigno se la colonna di liquido è posta a un'altezza sufficiente da vincere la pressione venosa. Supponiamo che la pressione venosa locale sia di 15 mmHg. Calcoliamo l'altezza minima che deve avere la sacca affinché il fluido entri nella vena.

Dati:

soluzione fisiologica con densità $\rho \approx 1000 \text{ kg/m}^3$ (come l'acqua)

Usiamo pressioni relative, coerenti con i mmHg clinici. Ricordando che $1 \text{ mmHg} \approx 133,3 \text{ Pa}$,

$$\Delta p = 15 \cdot 133,3 \text{ Pa} \approx 2000 \text{ Pa}.$$

(estratto da Contessa Fisica per Medicina, CEA)

Soluzione:

In condizioni di equilibrio idrostatico, la pressione generata da una colonna di fluido di altezza h è data dalla legge di Stevino:

$$\Delta p = \rho g h$$

È necessario che la pressione alla punta dell'ago superi quella venosa di $\Delta p = 15 \text{ mmHg}$: la sacca deve quindi essere posizionata più in alto del punto di infusione in modo da fornire almeno quella differenza di pressione Δp .

A questo punto, sostituiamo nella legge di Stevino riportata poco sopra e risolviamo per h :

$$h = \frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{2000}{1000 \cdot 9,81} \approx 0,20 \text{ m} \approx 20 \text{ cm} \quad h = \frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{2000}{1000 \cdot 9,81} \approx 0,20 \text{ m} \approx 20 \text{ cm}$$

Una sacca posta a circa 20 cm sopra il punto di inserzione fornisce approssimativamente 15 mmHg di pressione idrostatica, sufficiente per consentire l'ingresso della soluzione contenuta nella sacca nel sistema venoso.

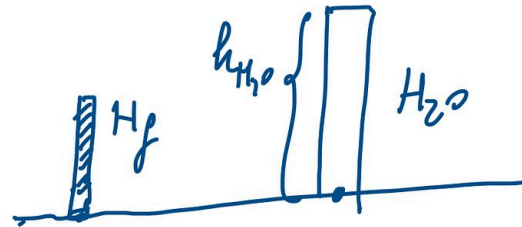
Esercizi Tommasi

Esercizio # 803

$$\rho_{H_f} = 13579 \text{ kg/m}^3$$

$$h_{H_f} = 100 \text{ mm} \\ = 0,1 \text{ m}$$

$$\Rightarrow h_{H_2O} = ?$$



- A) 136 cm
- B) 13,6 m
- C) 136 mm
- D) 13600 mm
- E) 136 m

$$P_{H_f} = P_{H_2O}$$

$$\cancel{P_0} + \rho_{H_f} \cancel{g} h_{H_f} = \cancel{P_0} + \rho_{H_2O} \cancel{g} h_{H_2O}$$

$$h_{H_2O} = \rho_{H_f} h_{H_f} / \rho_{H_2O} = (13579 \cdot \cancel{0,1}^{10^{-1}}) / \cancel{1000}^{10^{-3}}$$

$$\approx 13579 \cdot 10^{-4} \approx 1,36 \text{ m}$$

$$= 136 \text{ cm} \quad \text{A) } \checkmark$$

Esercizio # 805

$$P = 140 \text{ kPa}$$

$$P_0 = P_{\text{atmosf.}}$$

$$\rho = 0,75 \text{ kg/dm}^3$$

- A) 54 mV
- B) 1,5 mV
- C) 15 mV
- D) 5,4 mV ←
- E) 9,5 mV

$$P = P_0 + \rho g h$$

$\uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \downarrow_{\text{inc.}}$

$$\rho g h = (P - P_0) \frac{1}{\rho g}$$

$$\rho = 0,75 \text{ kg} / (\cancel{10 \text{ m}})^3 \cdot 10^{-3} = 0,75 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = 750 \text{ kg/m}^3$$

$$h = \frac{(140 \cdot 10^3 - 10^5)}{750 \cdot 10}$$

$$= \frac{(140 - 100)}{(750 \cdot 10)} \frac{10^3}{1} = \frac{40 \cdot 10^3}{7500}$$

$$= \frac{40 \cdot 1000}{7500} = 5 \text{ mV} \quad \Rightarrow \text{D) } \checkmark$$

Riepilogo

Fisica dei Fluidi

Stati di Aggregazione

- **Corpo rigido:** forma fissa, volume fisso
- **Liquido:** forma variabile, volume fisso
- **Gas:** forma e volume variabili

Liquidi e gas → **fluidi**

Pressione

$$P = F_{\perp} / A$$

- Unità: Pascal (Pa = N/m²)
- Forza perpendicolare alla superficie
- 🦴 Articolazioni: area maggiore → pressione minore

Densità

$$\rho = m / V$$

- Unità: kg/m³
- 🐟 Vescica natatoria: i pesci regolano la propria densità per galleggiare

Legge di Stevino

$$P = P_0 + \rho gh$$

- Pressione ↑ con la profondità nei liquidi
- Pressione ↓ con la quota nei gas
- Superfici isobare: orizzontali

Valori da Ricordare

- $P_0 = 1 \text{ atm} \approx 10^5 \text{ Pa}$
- $\rho \text{ acqua dolce} = 10^3 \text{ kg/m}^3$
- $\rho \text{ acqua marina} = 1,025 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

Esempio: Snorkeling

Profondità massima sicura $\approx$ **0,73 m** prima del rischio di collasso polmonare, a causa della differenza di pressione tra acqua e aria nei polmoni.

 **Messaggio chiave:** La pressione nei fluidi dipende dalla profondità (o quota) e dalla densità del fluido — un principio fondamentale che governa la biologia, la medicina e la vita quotidiana.

Domande di Autovalutazione

1. Stati di Aggregazione

Quali sono le differenze fondamentali tra corpo rigido, liquido e gas in termini di forma e volume? Perché liquidi e gas sono classificati come fluidi?

2. Pressione

Come si definisce la pressione? Scrivi la formula e le unità di misura. Perché la forza deve essere perpendicolare alla superficie?

3. Pressione e Anatomia

Come sfruttano le articolazioni il principio della pressione per ridurre lo stress meccanico sulle cartilagini?

4. Densità

Scrivi la formula della densità e le sue unità. Come utilizza la vescica natatoria il concetto di densità per regolare la profondità del pesce?

5. Legge di Stevino

Enuncia la legge di Stevino e scrivi la formula. Cosa sono le superfici isobare?

6. Liquidi vs Gas

In che modo varia la pressione con la profondità nei liquidi e con la quota nei gas? Qual è la differenza di segno?

⊗ Prova a rispondere senza guardare gli appunti, poi verifica con le slide precedenti!

