

UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TERAMO

# Fisica

Medicina Veterinaria — Semestre Aperto  
2026

Prof. Francesco de Pasquale

Lezioni 26, 27 e 28

# Outline

## Lezione 26

- Esempi ed esercizi su Principio di Archimede

## Lezione 27

- Strumenti e metodi per la misura della pressione
- Esperimento di Torricelli

## Lezione 28

- Manometro
- Esercizi

# Riepilogo: Legge di Stevino e Principio di Pascal

## Legge di Stevino

$$P = P_0 + \rho gh$$

$h > 0$  liquido |  $h < 0$  gas

$[P] = \text{Pa}$  |  $1 \text{ Atm} = 1,03 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

## Spinta di Archimede

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

## Principio di Pascal

Una variazione di pressione applicata a un fluido in equilibrio si trasmette integralmente in tutte le direzioni.



# Come misurare la pressione? Strumenti e Metodi

Come abbiamo visto la pressione è una grandezza fisica fondamentale, la cui misura è cruciale in medicina. Ricordiamo che L'unità di misura nel Sistema Internazionale è il Pascal (Pa).

- $1 \text{ Atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$
- $1 \text{ Atm} = 101,3 \text{ kPa}$
- $1 \text{ Atm} = 760 \text{ mmHg}$

da dove deriva questa nuova unità di misura?

# Strumenti di Misura della Pressione



## Barometro di Torricelli

- Misura: Pressione atmosferica assoluta
- Principio: Equilibrio colonna di mercurio
- Valore tipico:  $760 \text{ mmHg} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$
- Uso: Meteorologia, altimetria



## Manometro a U

- Misura: Pressione relativa (gauge) di un gas
- Principio: Differenza di livello tra i due bracci del tubo a U
- Valore tipico: variabile
- Uso: Industria, laboratorio



## Sfigmomanometro

- Misura: Pressione sanguigna (sistolica/diastolica)
- Principio: Occlusione e rilascio dell'arteria brachiale
- Valori normali: 120/80 mmHg
- Uso: Medicina clinica

 Tutti e tre gli strumenti si basano sul principio di Stevino. La differenza sta nel fluido usato e nella grandezza misurata.

# Barometro ed esperimento di Torricelli

## Descrizione dell'Esperimento

L'esperimento di Torricelli dimostra l'esistenza della pressione atmosferica e permette di misurarla. Si prende un tubo di vetro lungo circa un metro, chiuso a un'estremità e riempito completamente di mercurio. Il tubo viene poi capovolto e immerso in una vaschetta contenente anch'essa mercurio. Si osserva che la colonna di mercurio nel tubo scende fino a un'altezza di circa 76 cm sopra il livello del mercurio nella vaschetta, lasciando uno spazio vuoto nella parte superiore del tubo.



## Legge di Stevino

Al livello del mercurio nella vaschetta, la pressione esterna è uguale alla pressione atmosferica  $P_0$ .

All'interno del tubo, allo stesso livello, la pressione è data dalla pressione del vuoto (praticamente zero) più la pressione della colonna di mercurio:

$$P_{int} = P_{vuoto} + \rho_{Hg} \cdot g \cdot h$$

Poiché il sistema è in equilibrio, le pressioni si equivalgono:

$$P_0 = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h$$

Da cui possiamo ricavare l'altezza  $h$  della colonna:

$$h = \frac{P_0}{\rho_{Hg} \cdot g}$$

Utilizzando i valori standard:

- $P_0 = 1,013 \cdot 10^5$  Pa (pressione atmosferica standard)
- $\rho_{Hg} = 13600$  kg/m<sup>3</sup> (densità del mercurio)
- $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup> (accelerazione di gravità)

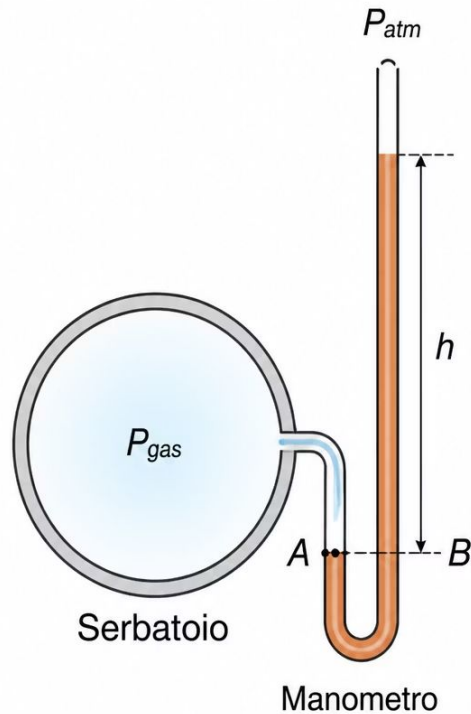
$$h = \frac{1,013 \cdot 10^5}{13600 \cdot 9,81} \approx 0,76 \text{ m} = 760 \text{ mm}$$

**i** Lo spazio vuoto che si forma in cima al tubo è chiamato '**vuoto di Torricelli**'. La pressione in questo punto è considerata praticamente zero.

**!** Se al posto del mercurio si usasse acqua ( $\rho_{H_2O} \approx 10^3$  kg/m<sup>3</sup>), la colonna di liquido sarebbe alta circa **10 metri**!

# Manometro

## Schema del Manometro



## Descrizione

Il manometro è uno strumento per misurare la pressione di un gas. È composto da un tubo a U riempito di un liquido di densità  $\rho$  nota (es. mercurio). Un braccio è collegato al serbatoio del gas, l'altro è aperto all'atmosfera.

## Principio di Funzionamento — Legge di Stevino

I punti A e B si trovano alla stessa quota orizzontale, quindi sono in equilibrio alla stessa pressione:

$$P_A = P_B$$

Applicando la Legge di Stevino si ottiene la relazione fondamentale:

$$P_{gas} = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$$

- Se  $h > 0$ :  $P_{gas} > P_{atm} \rightarrow$  pressione in eccesso (sovrapressione)
- Se  $h < 0$ :  $P_{gas} < P_{atm} \rightarrow$  depressione
- Se  $h = 0$ :  $P_{gas} = P_{atm} \rightarrow$  pressione uguale all'atmosfera

**i** Misurando  $h$  e conoscendo  $P_{atm}$  e  $\rho$  del liquido, si ricava la **pressione assoluta del gas** nel serbatoio.

# Sfigmomanometro



Lo sfigmomanometro è composto da un manicotto gonfiabile collegato a un manometro. Viene posizionato sull'arteria brachiale del braccio.

## Pressione Sistolica ( $P_{SIST}$ )

È la pressione massima esercitata dal sangue sulle pareti arteriose durante la contrazione del cuore (sistole). Valore normale: ~120 mmHg.

$$P_{SIST} \approx 120 \text{ mmHg}$$

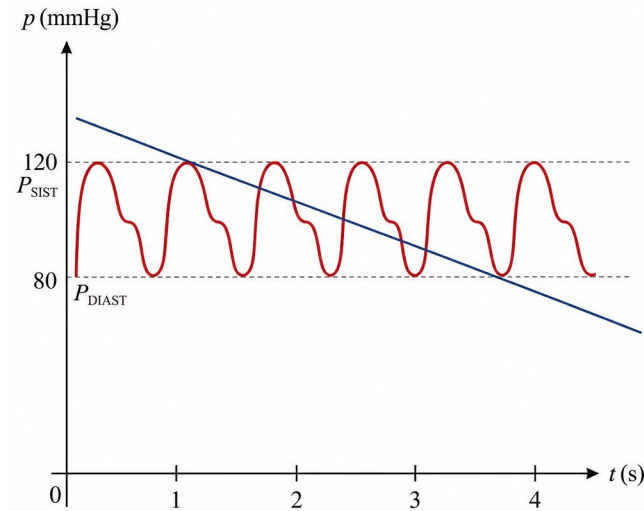
## Pressione Diastolica ( $P_{DIAST}$ )

È la pressione minima nelle arterie durante il rilassamento del cuore (diastole). Valore normale: ~80 mmHg.

$$P_{DIAST} \approx 80 \text{ mmHg}$$

**i** Un valore normale di pressione arteriosa è **120/80 mmHg**. Si parla di **ipertensione** quando  $P_{SIST} > 140 \text{ mmHg}$  o  $P_{DIAST} > 90 \text{ mmHg}$ .

# Sfigmomanometro



01

$P_{MAN} \gg P_{SIST}$ . — Nessuna pulsazione

Il manicotto gonfiato chiude le arterie: nessun flusso sanguigno passa.

02

$P_{MAN} = P_{SIST}$ . — Nascono le pulsazioni

Abbassando lentamente la pressione, le pulsazioni compaiono: si legge la **pressione sistolica**.

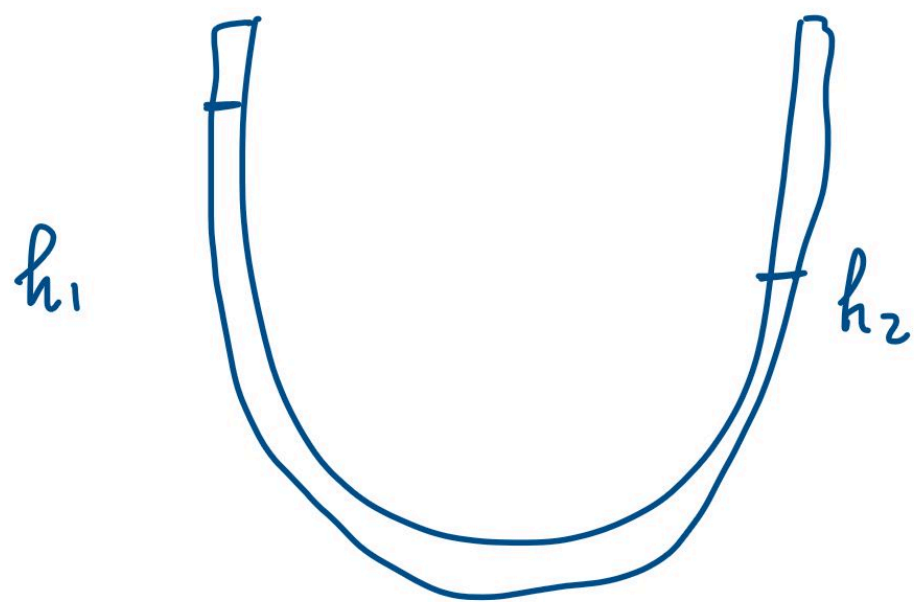
03

$P_{MAN} < P_{DIAST}$ . — Pulsazioni scompaiono

Continuando a deflare, le pulsazioni cessano: si legge la **pressione diastolica**.

# Esercizi (Tommasi)

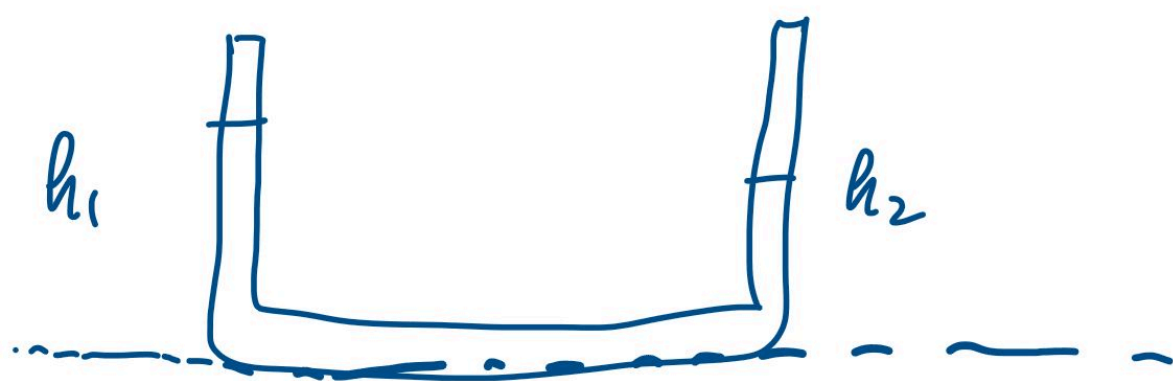
Esercizio # 810



$$\frac{h_1}{h_2} = 1,25$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = ?$$

- |    |      |   |
|----|------|---|
| A) | 0,8  | ✓ |
| B) | 1    | X |
| C) | 1,25 | X |
| D) | 0,25 | X |
| E) | 0,5  | X |



$$P_1 = P_2$$

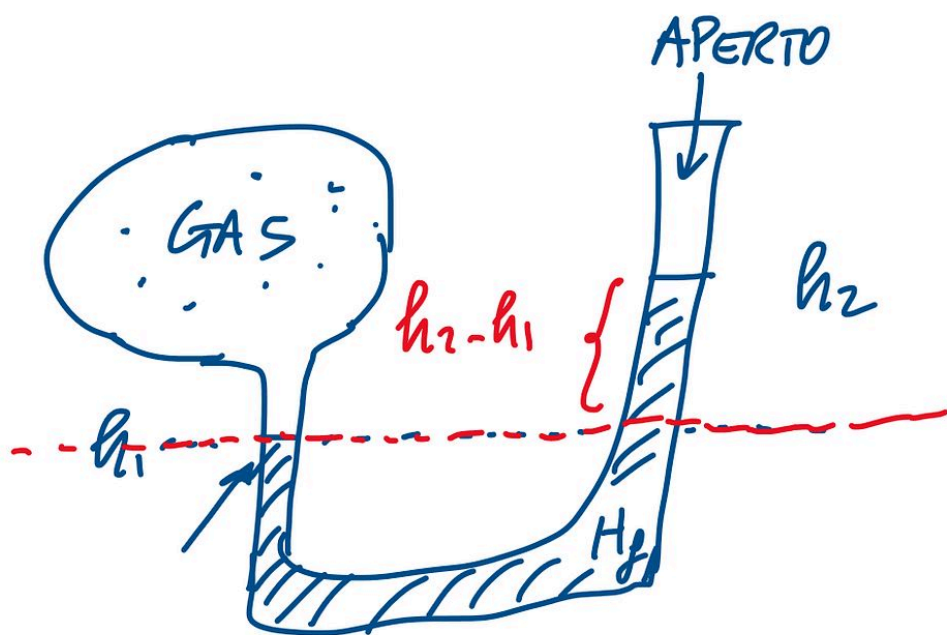
$$\downarrow \quad \downarrow$$

$$\cancel{P_0} + \rho_1 \cancel{h_1} = \cancel{P_0} + \rho_2 \cancel{h_2}$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{\left(\frac{h_1}{h_2}\right)} = \frac{1}{1,25} = \frac{1}{1,25} = 0,8$$

A) ✓

# Exercício # 821



$$\rho_{Hg} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$(h_2 - h_1) = 20 \text{ mm}$$

$$Hg \rightarrow H_2O$$

quanto vale  $(h_2 - h_1) = ?$

A) 27,2 cm ←

B) 27,2 mm

C) 272 cm

D) 13,6 mm

E) 13,6 cm

$$P_{GAS} = P_0 + \rho_{Hg} g (h_2 - h_1)$$

Se  $Hg \rightarrow H_2O \Rightarrow P_{GAS}$  é inv.

$$P_{GAS} = \cancel{P_0} + \rho_{H_2O} g (h_2 - h_1)_{H_2O} = \cancel{P_0} + \rho_{Hg} g (h_2 - h_1)$$

$$(h_2 - h_1)_{H_2O} = (h_2 - h_1)_{Hg} \cdot \rho_{Hg} / \rho_{H_2O}$$

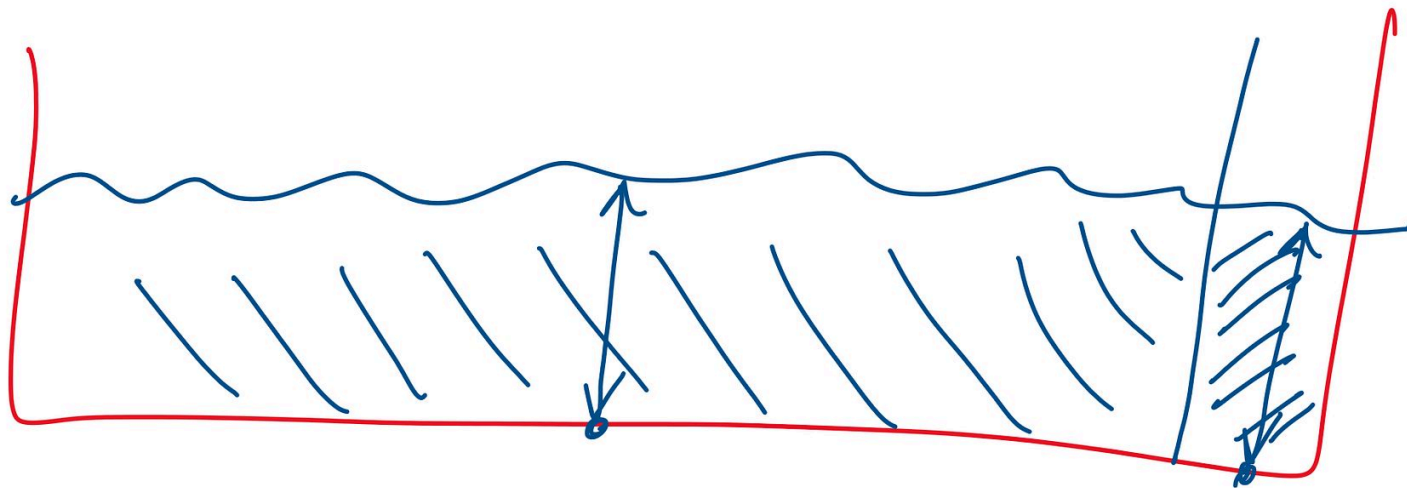
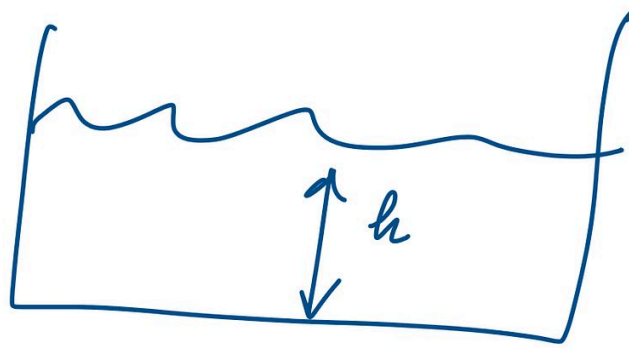
$$= (20 \cdot 10^{-3}) \cdot 13,6 \cdot 10^3 / 10^3$$

$$= 2 \cdot 10^{-2} \cdot 13,6 = 27,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

cm

$$(h_2 - h_1)_{Hg} = 27,2 \text{ cm} \quad A) \checkmark$$

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



Esercizio #823

$$V_{\pm} = \frac{3}{4} V_{TOT}$$

$$\rho_0 = ?$$

|    |      |                 |
|----|------|-----------------|
| A) | 0,25 | $\text{kg/m}^3$ |
| B) | 0,75 | "               |
| C) | 1    | "               |
| D) | 250  | "               |
| E) | 750  | "               |

$$F_P = F_S$$

$$m_0 g = \rho_F V_{\pm} g$$

$$\cancel{\rho_0 V_{TOT}} = \rho_F \frac{3}{4} \cancel{V_{TOT}}$$

$$\rho_0 = \frac{3}{4} \rho_F = \frac{3000}{4} = 750 \text{ kg/m}^3 \quad \text{E)}$$

## Esercizio #840



$$r' = 2r$$

$$F'_s = ?$$

- A) si dimezza
- B) raddoppia
- C) si annulla
- D) aumenta 8 volte
- E) si triplica

$$F_s = \int_F V_I g = \int_F V_{TOT} g = \int_F \underbrace{\frac{4}{3} \pi r^3 g}_{\text{complet. immerso}}$$

$$\begin{aligned} F'_s &= \int_F V_{TOT} g = \int_F \left( \frac{4}{3} \pi r'^3 \right) g = \int_F \frac{4}{3} \pi (2r)^3 g \\ &= \underbrace{\int_F \frac{4}{3} \pi r^3 g}_{F_s} \cdot 8 = 8 F_s \end{aligned}$$

$$F'_s = 8 F_s$$

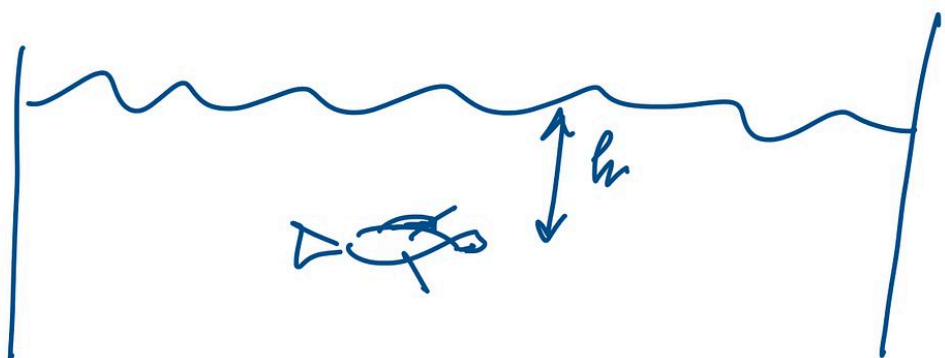
D) ✓

# Esercizio # 837

$$P = 6 \text{ atm}$$

$$h = ?$$

- A) 5 m
- B) 60 m
- C) 6 m
- D) 50 m ←
- E) 7 m



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

$$1 \text{ atm} = 1,03 \cdot 10^5 \text{ Pa} \approx 10^5 \text{ Pa}$$

$$P = 6 \text{ atm} = 6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_0 = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$$

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

$$h = (6 - 1) \cdot 10^5 \frac{1}{10^3 \cdot 9.81} \approx \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 10}{10^4}$$

$$h = 50 \text{ m}$$

D) ✓

10

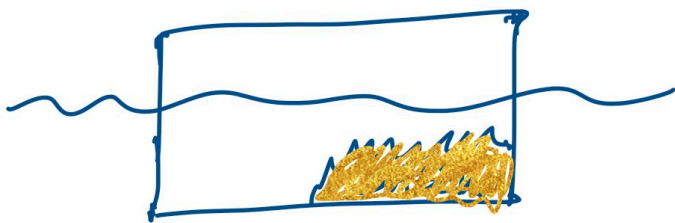
# Esercizio # 849

$$m_{\text{SCATOLA}} = 150 \text{ g}$$

$$V_I = 250 \text{ cm}^3$$

$m_{\text{SABBIA}} :$

- A) 0,1 g
- B) 0,1 kg ←
- C) 25 g
- D) 0,25 kg
- E) 2,5 kg



$$F_p = F_s$$

$$F_{p, \text{SCATOLA}} + F_{p, \text{SABBIA}} = F_s$$

$$(m_{\text{SCATOLA}} + m_{\text{SABBIA}})g = \rho_F V_I g$$

$$m_{\text{SABBIA}} = (\rho_F V_I - m_{\text{SCATOLA}})$$

$$= 10^3 \cdot 250 \underbrace{(10^{-2})^3}_{10^{-6}} - 150 \cdot 10^{-3}$$

$$= 250 \cdot 10^{-3} - 150 \cdot 10^{-3}$$

$$= 100 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$m_{\text{SABBIA}} = 0,1 \text{ kg}$$

B) ✓

# Esercizio # 841

$$\rho_F = 300 \text{ kg/m}^3$$

$$V_P = 5 \text{ dm}^3$$

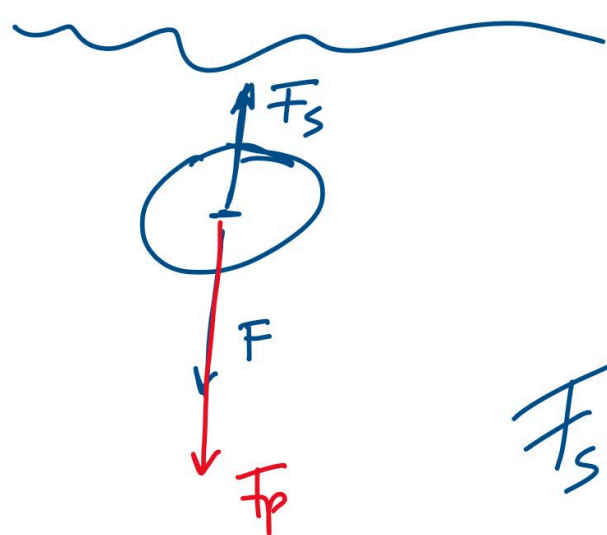
A)  $35,0 \text{ N} \leftarrow$

B)  $311,4 \text{ N}$

C)  $51,3 \text{ N}$

D)  $800,5 \text{ N}$

E)  $25,2 \text{ N}$



$$F_s = \rho_F V_P g = \rho_F V_P g$$



$$F_s - F_P - F = 0$$

$$F = -F_P + F_s$$

$$F = -m g + \rho_F V_P g$$

$$= -\rho_P V_P g + \rho_F V_P g$$

$$F = (-\rho_P + \rho_F) V_P g$$

$$= (-300 + 1000) 5 (10^{-1})^3 \cdot 10$$

$$= (+700) 5 \cancel{10^{-3}} \cdot 10 \cancel{10^{-2}} = 7.5$$

$$F = +35 \text{ N}$$

$$|F| = 35 \text{ N}$$

A)  $\checkmark$

# Esercizio # 811

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$F_{\text{APPARENTE}} = 74 \text{ N}$$

$$V = ?$$

$$A) \quad 2,4 \text{ m}^3$$

$$B) \quad 7,4 \text{ m}^3$$

$$C) \quad 7,4 \text{ L}$$

$$\rightarrow D) \quad 2,4 \text{ L}$$

$$E) \quad 7,4 \text{ cm}^3$$

$$F_{P, \text{APP}} = F_P - F_S = 74 \text{ N}$$

$$F_S = F_P - 74 \text{ N} = mg - 74 \text{ N}$$

$$= 100 - 74 = 26 \text{ N}$$

$$F_S = 26 \text{ N}$$

$$\rho_F V_{\text{I}} g = \rho_F V_{\text{TOT}} g = 26 \text{ N}$$

$$V_{\text{TOT}} = \frac{26}{\rho_F \cdot g} = \frac{26}{10^3 \cdot 10} = 26 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$= 26 \cdot 10^{-4} (10 \text{ dm})^3 = 26 \cdot 10^{-4} \cdot 10^3 \text{ dm}^3$$

$\underbrace{\quad}_{10^{-1} \text{ L}}$

$$= 26 \cdot 10^{-1} \text{ L} = 2,6 \text{ L}$$

$$V_{\text{TOT}} \approx 2,6 \text{ L}$$

D) ✓

# Riepilogo: Misura della Pressione

## Unità di misura

$P_0 = 1 \text{ Atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$   
 $\text{mmHg} = 101,3 \text{ kPa}$

## Barometro di Torricelli

Misura la pressione atmosferica assoluta tramite l'equilibrio di una colonna di mercurio. Formula:  $P_0 = \rho_{\text{Hg}} \cdot g \cdot h \rightarrow h = 760 \text{ mm}$

## Manometro a U

Misura la pressione relativa di un gas. Formula:  $P_{\text{gas}} = P_{\text{atm}} + \rho \cdot g \cdot h$ .  
Se  $h > 0$ : sovrappressione; se  $h < 0$ : depressione.

## Sfigmomanometro

Misura la pressione sanguigna. PSIST  $\approx 120 \text{ mmHg}$  (sistole), PDIAST  $\approx 80 \text{ mmHg}$  (diastole). Ipertensione: PSIST  $> 140 \text{ mmHg}$  o PDIAST  $> 90 \text{ mmHg}$ .

## Principio comune: Legge di Stevino

Tutti gli strumenti si basano su  $P = P_0 + \rho g h$ . La differenza sta nel fluido usato e nella grandezza misurata.



# Domande di Autovalutazione

## Domanda 1

Quante atmosfere corrisponde una pressione di  $2,026 \times 10^5$  Pa? E in mmHg?

## Domanda 3

In un manometro a U, il livello del liquido nel braccio collegato al gas è più alto di 5 cm rispetto al braccio aperto. Il gas è in sovrappressione o depressione rispetto all'atmosfera?

## Domanda 5

Cosa si misura quando la pressione del manicotto dello sfigmomanometro è uguale alla pressione sistolica? E quando è uguale alla diastolica?

## Domanda 2

Nell'esperimento di Torricelli, perché si usa il mercurio e non l'acqua? Quanto sarebbe alta la colonna d'acqua a pressione atmosferica standard?

## Domanda 4

Scrivi la formula che lega la pressione del gas alla pressione atmosferica nel manometro a U. Quali grandezze devi misurare per ricavare  $P_{\text{gas}}$ ?

## Domanda 6

Un paziente ha una pressione di 150/95 mmHg. È in condizione di ipertensione? Motiva la risposta.