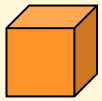
Università degli Studi di Milano
Facoltà di Medicina e Chirurgia

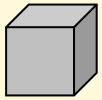
Corso di laurea: Tecniche Ortopediche

Corso di Fisica A.A. 2022-2023
Docente: Marie Claire Cantone

MECCANICA DEI FLUIDI



STATICA



DINAMICA

MECCANICA DEI FLUIDI

STATI DI AGGREGAZIONE DELLA MATERIA

SOLIDO	LIQUIDO	AREIFORME

DENSITA' di una sostanza omogenea (solida, liquida, areiforme) è il rapporto fra la massa della sostanza ed il volume occupato.

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

ρ_{acqua}	$= 1.000 \times 10^3$ kg/m^3	$= 1.000$ g/cm^3
$\rho_{ghiaccio}$	$= 0.917 \times 10^3$ kg/m^3	$= 0.917$ g/cm^3
ρ_{aria}	$= 1.29$ kg/m^3	$= 1.29 \times 10^{-3}$ g/cm^3
ρ_{Hg}	$= 13.6 \times 10^3$ kg/m^3	$= 13.6$ g/cm^3

FLUIDI

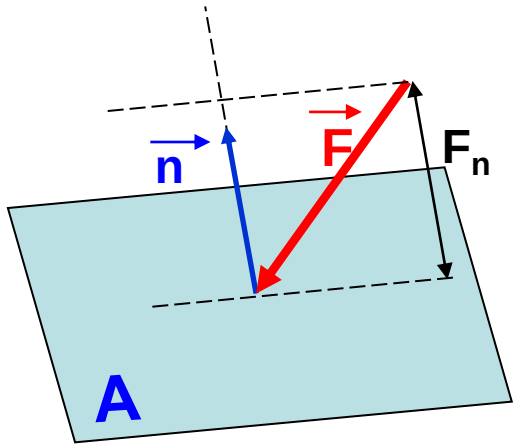
FLUIDO, sostanza che non sostiene uno sforzo di taglio, FLUISCE (liquidi e areiformi), prende la forma del contenitore e ha atomi e molecole liberi di muoversi .

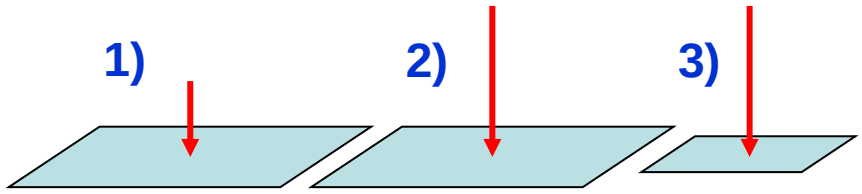
Liquidi e areiformi hanno compressibilità molto diverse: un gas si comprime facilmente, un liquido è praticamente incomprimibile.

PRESSIONE

PRESSIONE è il rapporto fra la forza normale alla superficie e la superficie stessa. GRANDEZZA SCALARE

$$p = \frac{F_n}{A}$$





$p_1 < p_2 < p_3$

PRESSIONE – Unità di misura

$[p] = [ML^{-1}T^{-2}]$ $1\ Pa = 1\ N/m^2$

SISTEMI PRATICI

1 baria = 0.1 Pa **c.g.s.**
1 atm = 1.013 10^5 Pa
1 mm Hg = 1 / 760 atm = 133Pa
1 torr = 1 / 760 atm = 133 Pa
1 cm H_2O= 98 Pa
1 bar = 10^6 barie = 10^5 Pa
1 mbar = 10^2 Pa

$[F] = [MLT^{-2}]$ $1\ N = 1\ kg\ m\ s^{-2}$

PRESSIONE – Unità di misura

$[p] = [\, ML^{-1}T^{-2}]$

$1\ Pa = 1\ N/m^2$

$1\ Pa = 1\ kg\ m\ s^{-2}/m^2$

$1\ Pa = 1\ kg\ s^{-2}\ m^{-1}$

SISTEMI PRATICI

c.g.s.

$1\ baria = 0.1\ Pa$

$1\ baria = 1\ g\ s^{-2}\ cm^{-1}$

$1\ baria = 1\ g\ s^{-2}/\ cm$

$1\ baria = 10^{-3}\ kg\ s^{-2}/10^{-2}\ m$

$1\ baria = 0.1\ Pa$

$1\ atm = 1.013\ \ 10^5\ Pa$

$1\ mm\ Hg = 1 / 760\ atm = 133 Pa$

$1\ torr = 1 / 760\ atm = 133\ Pa$

$1\ cm\ H_2O = 98\ Pa$

$1\ bar = 10^6\ barie = 10^5\ Pa$

$1\ mbar = 10^2\ Pa$

$[F] = [\, MLT^{-2}\,]$

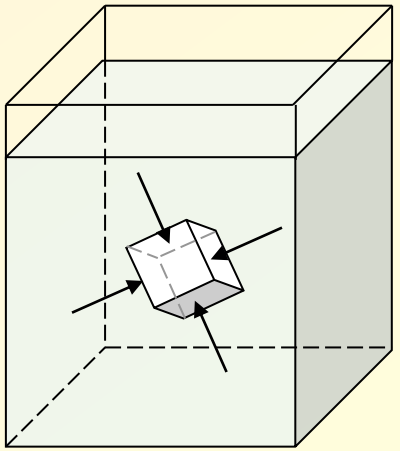
$1\ N = 1\ kg\ m\ s^{-2}$

ALCUNI VALORI TIPICI DELLA PRESSIONE

Pressione del sangue	1 kPa – 15 kPa
P atmosferica a 10 km di altitudine	≈ 26 kPa
P atmosferica a 100 km altitudine	≈ 0.1 Pa
Pneumatico auto	≈ 220 kPa
Ballerina sulla punta di un piede	≈ 2 MPa
Profonde fosse nel Pacifico	≈ 100 MPa
Al centro della Terra	$\approx 4 \cdot 10^{11}$ Pa
Al centro del Sole	$\approx 10^{15}$ Pa

STATICA -PRINCIPI DI ISOTROPIA E DI PASCAL

PRINCIPIO DI ISOTROPIA DELLE PRESSIONI
La pressione che un fluido esercita su una superficie all'interno del fluido è indipendente dalla giacitura della superficie. Ovvero per un fluido in equilibrio la pressione esercitata su piani di diversa angolazione è sempre la stessa .



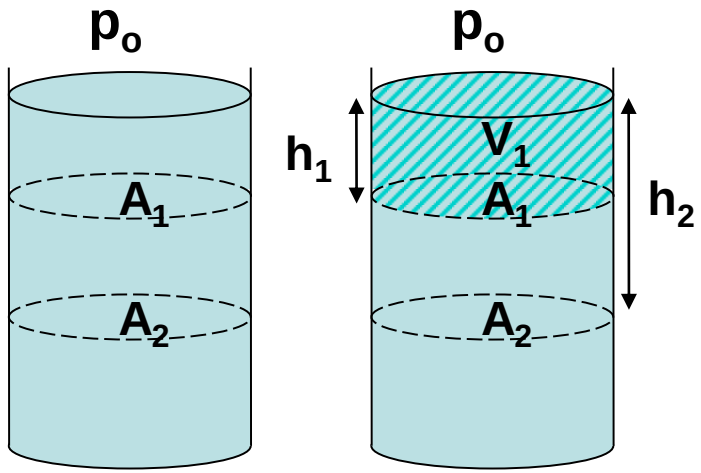
PRINCIPIO DI PASCAL – In assenza di gravità (trascurando cioè il peso del fluido) la pressione del fluido in quiete è la stessa in ogni punto. Ovvero si trasmette inalterata all'interno del fluido.

Esempio

MARTINETTO IDRAULICO

PRINCIPIO DI STEVINO

PRINCIPIO DI STEVINO – La pressione esercitata in un fluido in quiete come effetto della gravità (pressione idrostatica) *è la stessa in tutti i punti di uguale profondità e aumenta all'aumentare della profondità.*

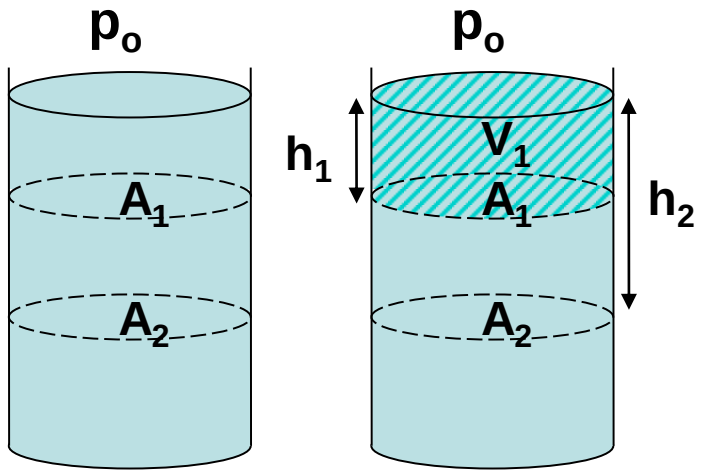


$$p = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A}$$

p_o = pressione sulla superficie libera del liquido

PRINCIPIO DI STEVINO

PRINCIPIO DI STEVINO – La pressione esercitata in un fluido in quiete come effetto della gravità (pressione idrostatica) è la stessa in tutti i punti di uguale profondità e aumenta all'aumentare della profondità.



$$p = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{mgh}{Ah} = \frac{mgh}{V} = \rho g\, h$$

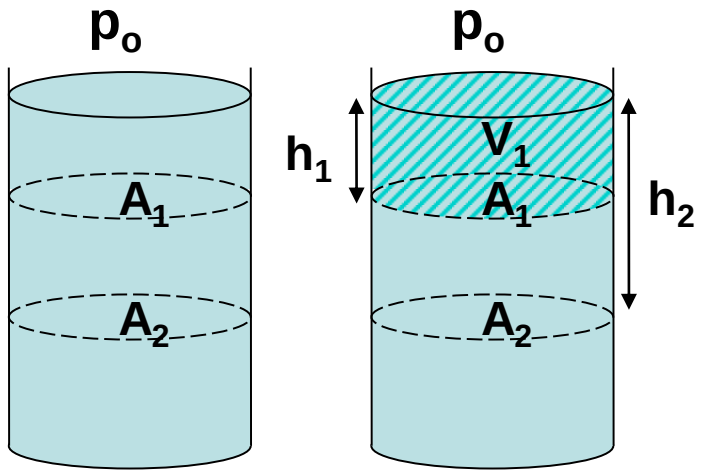
p_o = pressione sulla superficie libera del liquido

PRINCIPIO DI STEVINO

PRINCIPIO DI STEVINO – La pressione esercitata in un fluido in quiete come effetto della gravità (pressione idrostatica) è la stessa in tutti i punti di uguale profondità e aumenta all'aumentare della profondità.

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

ρ = densità fluido
g = accelerazione di gravità



p_o = pressione sulla superficie libera del liquido

$$p = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{mgh}{Ah} = \frac{mgh}{V} = \rho g\, h$$

$$p_1 - p_o = \rho\, g\, h_1$$

$$p_2 - p_o = \rho\, g\, h_2$$

p_1 è la pressione alla profondità h_1

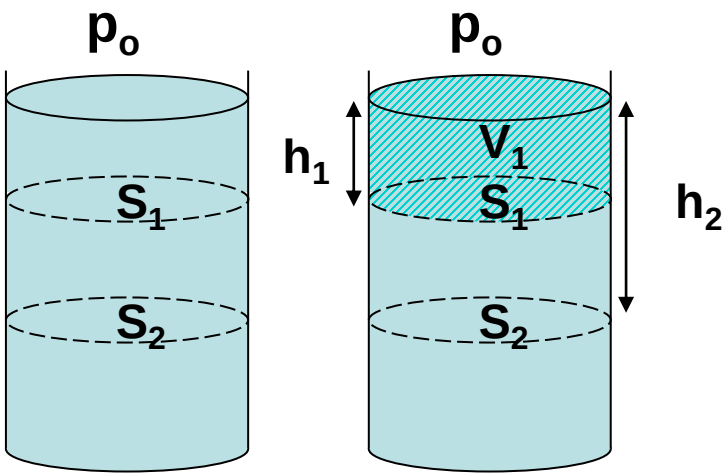
p_2 è la pressione alla profondità h_2

PRINCIPIO DI STEVINO

PRINCIPIO DI STEVINO – La pressione esercitata in un fluido in quiete come effetto della gravità (pressione idrostatica) è la stessa in tutti i punti di uguale profondità e aumenta all'aumentare della profondità.

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

ρ = densità fluido
g = accelerazione di gravità



p_o = pressione sulla superficie libera del liquido

peso del liquido sovrastante la superficie S_1

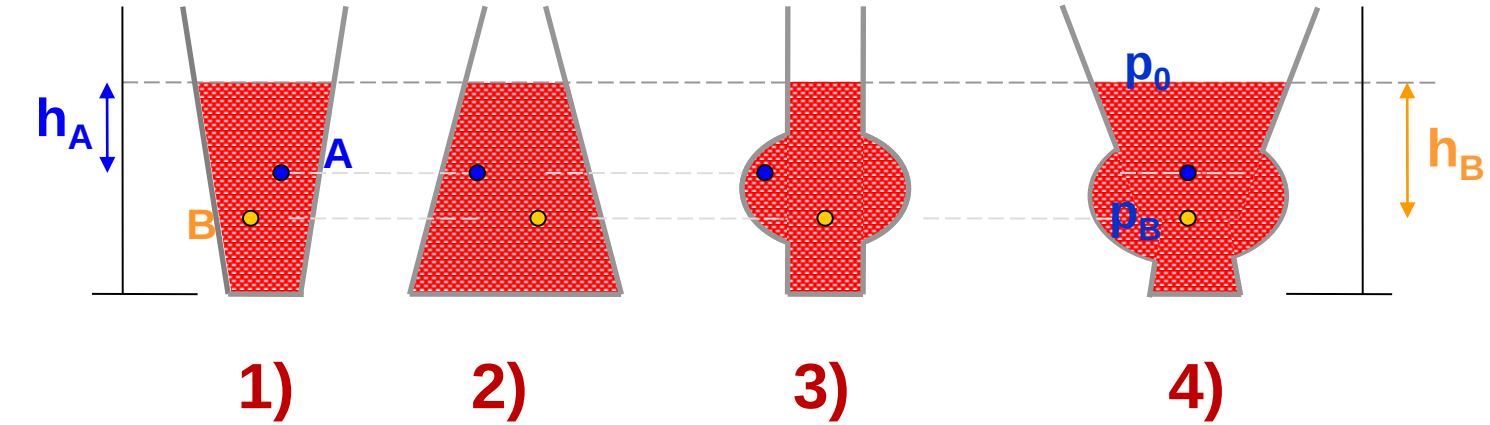
$$p_1 = p_o + \frac{\rho\, g\, V_1}{S_1} = \rho\, g\, h_1$$

$$p_1 - p_o = \rho\, g\, h_1$$

$$p_2 - p_o = \rho\, g\, h_2$$

DAL PRINCIPIO DI STEVINO

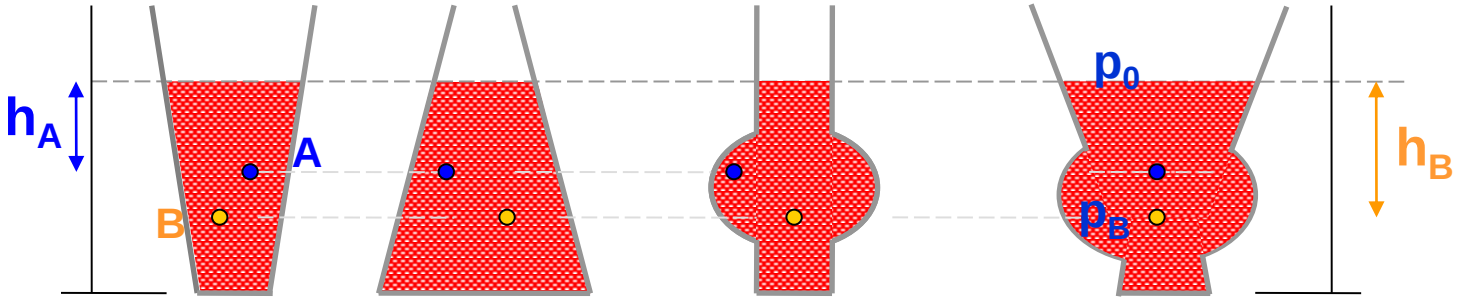
Contenitori di forma diversa ma aventi lo stesso livello dello stesso liquido



DAL PRINCIPIO DI STEVINO

$p_A = p_0 + \rho g h_A$

$p_B = p_0 + \rho g h_B$



Contenitori di forma diversa ma aventi lo stesso livello dello stesso liquido. Si ha la stessa pressione per tutti i punti che si trovano alla stessa profondità, indipendentemente dalla forma del contenitore.

DAL PRINCIPIO DI STEVINO

La pressione idrostatica esercitata da una colonna di 10 m di acqua.
($\rho_{H_2O} = 1\ g/cm^3$)

$\Delta p = \rho g h$

DAL PRINCIPIO DI STEVINO

La pressione idrostatica esercitata da una colonna di 10 m di acqua.
($\rho_{H2O} = 1\ g/cm^3$)

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

$$\Delta p = 10^3\ kg/m^3 \cdot 9.8\ m/s^2 \cdot 10\ m = 0.98 \cdot 10^5\ Pa \approx 1\ atm$$

DAL PRINCIPIO DI STEVINO

La pressione idrostatica esercitata da una colonna di 1 cm di acqua.
($\rho_{H2O} = 1\ g/cm^3$)

DAL PRINCIPIO DI STEVINO

La pressione idrostatica esercitata da una colonna di 1 cm di acqua.
($\rho_{H2O} = 1\ g/cm^3$)

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

$$\Delta p = 10^3\ kg/m^3 \cdot 9.8\ m/s^2 \cdot 10^{-2}\ m = 98\ Pa$$

Unità di misura per la pressione nel sistema pratico

1 cm H_2O= 98 Pa

PRESSIONE – Unità di misura

$[p] = [\, ML^{-1}T^{-2}]$

$1\ Pa = 1\ N/m^2$

SISTEMI PRATICI

1 baria = 0.1 Pa **c.g.s.**

1 atm = 1.013 10^5 Pa

1 mm Hg = 1 / 760 atm = 133Pa

1 torr = 1 / 760 atm = 133 Pa

1 cm H_2O= 98 Pa

1 bar = 10^6 barie = 10^5 Pa

1 mbar = 10^2 Pa

DAL PRINCIPIO DI STEVINO

La pressione idrostatica esercitata da una colonna di 1 mm di mercurio, Hg. **($\rho_{Hg} = 13.6\ g/cm^3$)**

DAL PRINCIPIO DI STEVINO

La pressione idrostatica esercitata da una colonna di 1 mm di mercurio, Hg. **($\rho_{Hg} = 13.6\ g/cm^3$)**

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

$$\Delta p = 13.6 \cdot 10^3\ kg/m^3 \cdot 9.8\ m/s^2 \cdot 10^{-3}\ m = 133.3\ Pa$$

DAL PRINCIPIO DI STEVINO

La pressione idrostatica esercitata da una colonna di 1 mm di mercurio, Hg. **($\rho_{Hg} = 13.6\ g/cm^3$)**

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

$$\Delta p = 13.6 \cdot 10^3\ kg/m^3 \cdot 9.8\ m/s^2 \cdot 10^{-3}\ m = 133.3\ Pa$$

Unità di misura per la pressione nel sistema pratico

1 mm Hg= 133 Pa

DAL PRINCIPIO DI STEVINO

La pressione idrostatica esercitata da una colonna di 1 mm di mercurio, Hg. **($\rho_{Hg} = 13.6\ g/cm^3$)**

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

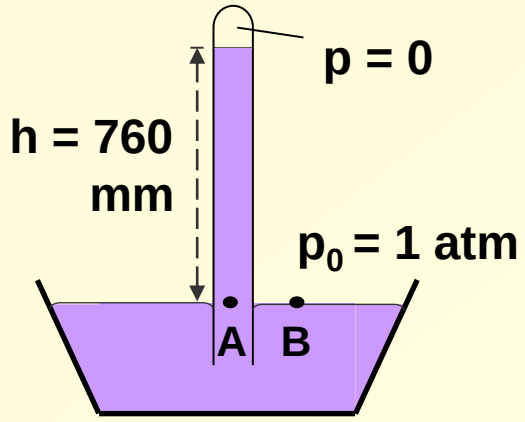
$$\Delta p = 13.6 \cdot 10^3\ kg/m^3 \cdot 9.8\ m/s^2 \cdot 10^{-3}\ m = 133.3\ Pa$$

Unità di misura per la pressione nel sistema pratico

1 mm Hg= 133 Pa

Pressione atmosferica a livello del mare**: una atmosfera**

1 atm= 760 mm Hg



Esperienza di Torricelli

Tubo di Torricelli o barometro a mercurio

DAL PRINCIPIO DI STEVINO

Esperienza di Torricelli

-vaschetta contenente Hg; -tubo chiuso in alto aperto in basso in cui è stato fatto il vuoto; -la pressione atmosferica sulla superfice di Hg nella vaschetta, tende a far salire Hg nel tubo fino ad altezza di equilibrio; -tale pressione è controbilanciata dalla pressione della colonna di Hg del tubo:

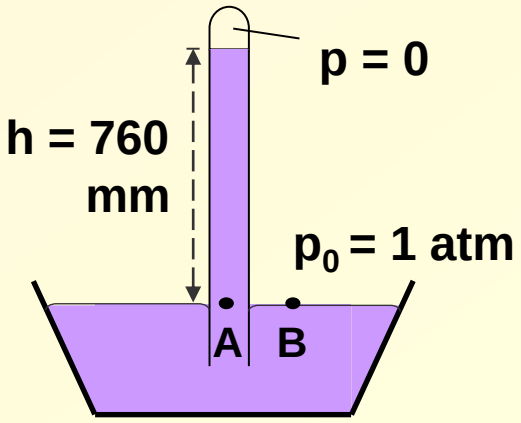
$\Delta p = \rho_{Hg} g h$

L'equilibrio viene raggiunto a colonna pari ad altezza di 760 mm

1 atm= 760 mm Hg

Pressione atmosferica a livello del mare**: una atmosfera**

1 atm= 760 mm Hg



Esperienza di Torricelli

Tubo di Torricelli o barometro a mercurio

DAL PRINCIPIO DI STEVINO

La pressione idrostatica esercitata da una colonna di 1 mm di mercurio, Hg. **($\rho_{Hg} = 13.6\ g/cm^3$)**

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

$$\Delta p = 13.6 \cdot 10^3\ kg/m^3 \cdot 9.8\ m/s^2 \cdot 10^{-3}\ m = 133.3\ Pa$$

Unità di misura per la pressione nel sistema pratico

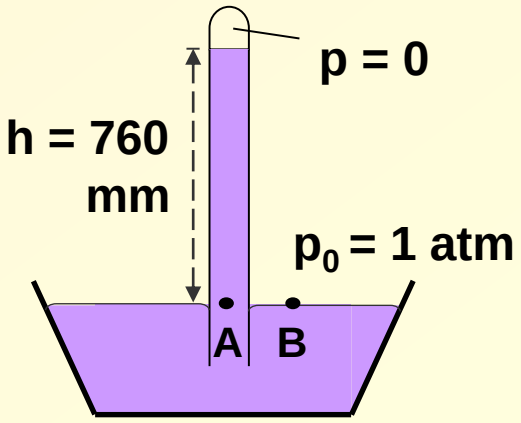
1 mm Hg= 133 Pa

Pressione atmosferica a livello del mare**: una atmosfera**

1 atm= 760 mm Hg

1 atm= 1.013 x 10^5 Pa

1 mm Hg = 1 torr



Esperienza di Torricelli

Tubo di Torricelli o barometro a mercurio

PRESSIONE – Unità di misura

$[p] = [ML^{-1}T^{-2}]$

$1\ Pa = 1\ N/m^2$

1 Pa= 1 kg $m^{-1}s^{-2}$

1 baria = 1g $cm^{-1}s^{-2}$

SISTEMI PRATICI

1 baria = 0.1 Pa **c.g.s.**

1 atm = 1.013 10^5 Pa

1 mm Hg = 1 / 760 atm = 133Pa

1 torr = 1 / 760 atm = 133 Pa

1 cm H_2O= 98 Pa

1 bar = 10^6 baria = 10^5 Pa

1 mbar = 10^2 Pa

DAL PRINCIPIO DI STEVINO

La pressione atmosferica a 3000 m sopra il livello del mare.
(ρ_{aria} = 1.29 kg/m^3)

DAL PRINCIPIO DI STEVINO

La pressione atmosferica a 3000 m sopra il livello del mare.
($\rho_{aria} = 1.29\ kg/m^3$)

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

(1 atm = 1.013 10^5 Pa)

$$\Delta p = 1.29\ kg/m^3 \cdot 9.8\ m/s^2 \cdot 3 \cdot 10^3\ m = 0.38 \cdot 10^5\ Pa \approx 0.375\ atm$$

La pressione dovuta a 3000 m di aria

DAL PRINCIPIO DI STEVINO

La pressione atmosferica a 3000 m sopra il livello del mare.
($\rho_{aria} = 1.29\ kg/m^3$)

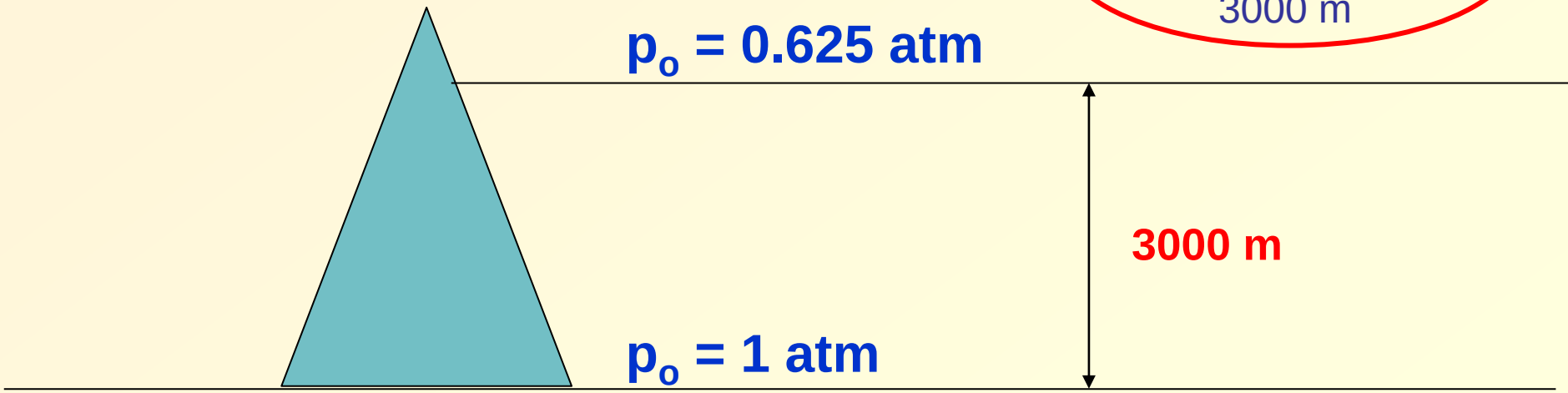
$$\Delta p = \rho g h$$

La pressione dovuta ai 3000 m di aria

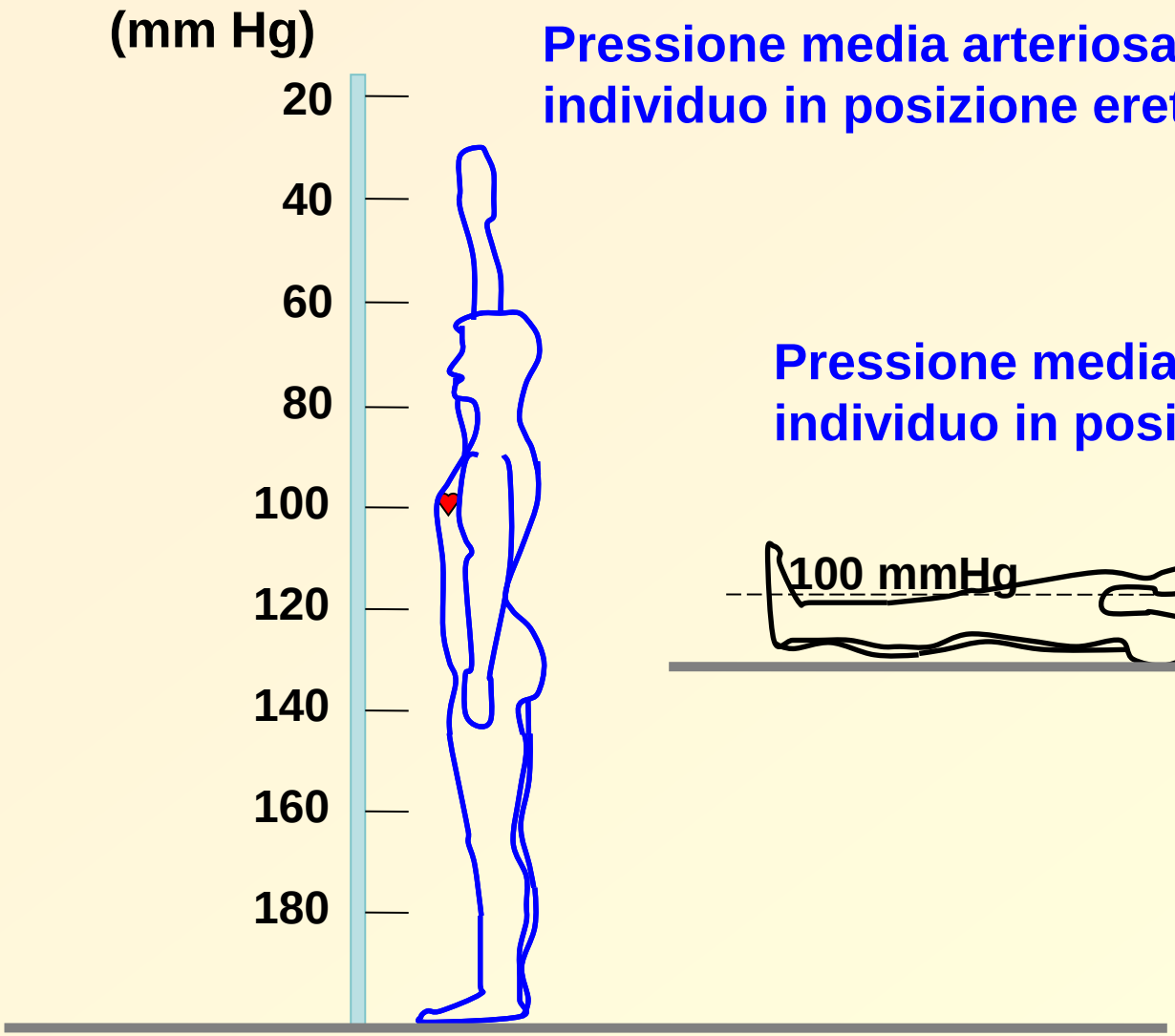
$$\Delta p = 1.29\ kg/m^3 \cdot 9.8\ m/s^2 \cdot 3 \cdot 10^3\ m = 0.38 \cdot 10^5\ Pa \approx 0.375\ atm$$

$$p = p_o - 0375\ atm = 1\ atm - 0.375\ atm = 0.625\ atm$$

La pressione che si ha all'altezza di 3000 m

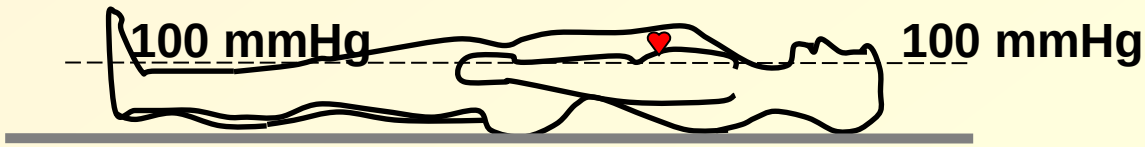


Variazione di pressione arteriosa
Pressione relativa rispetto a quella atmosferica



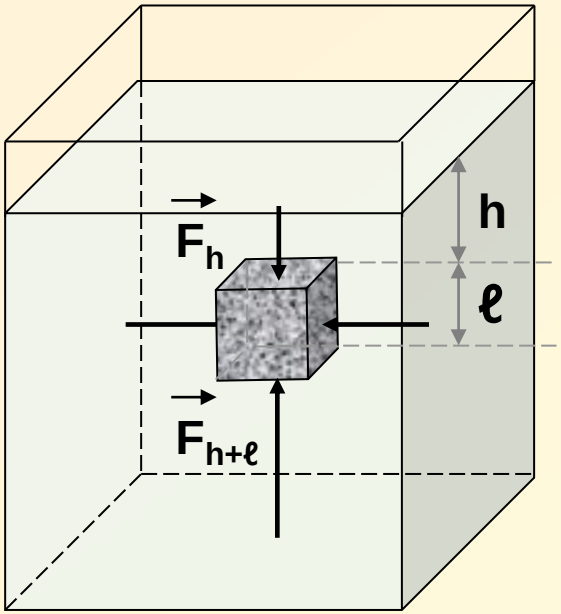
Pressione media arteriosa in un individuo in posizione eretta

Pressione media arteriosa in un individuo in posizione orizzontale



PRINCIPIO DI ARCHIMEDE

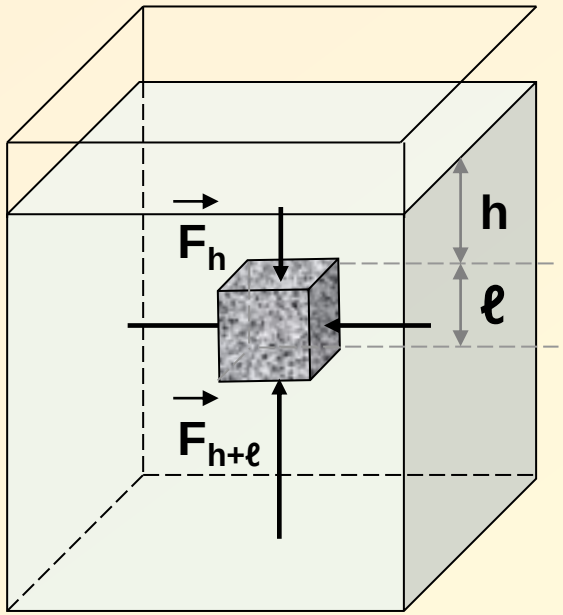
PRINCIPIO DI ARCHIMEDE - Un corpo immerso in un fluido riceve una spinta verso l'alto pari al peso del liquido spostato.



$$P = \frac{F}{A}$$

PRINCIPIO DI ARCHIMEDE

PRINCIPIO DI ARCHIMEDE - Un corpo immerso in un fluido riceve una spinta verso l'alto pari al peso del liquido spostato.



Forza sulla faccia superiore

$$F_h = P_h\, S = \rho_0\, g\, h\, S$$

P_h pressione alla profondità h

Forza sulla faccia inferiore

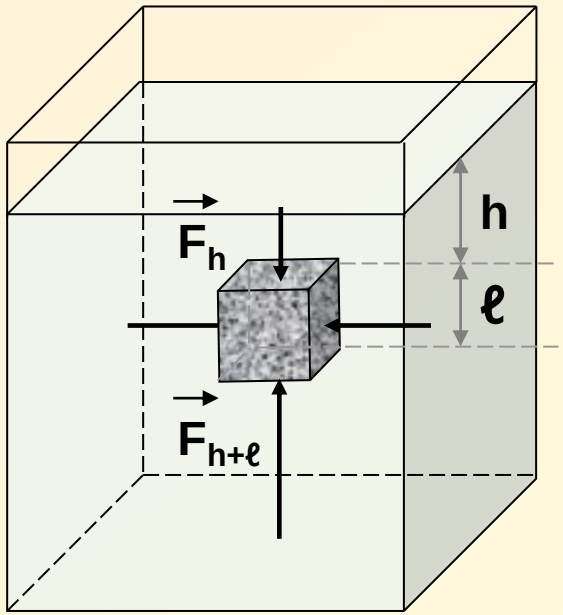
$$F_{h+\ell} = P_{h+\ell}\, S = \rho_0\, g\, (h+\ell)\, S$$

$P_{h+\ell}$ pressione alla profondità $h+\ell$

$$P = \frac{F}{A}$$

PRINCIPIO DI ARCHIMEDE

PRINCIPIO DI ARCHIMEDE - **Un corpo immerso in un fluido riceve una spinta verso l'alto pari al peso del liquido spostato.**



Forza sulla faccia superiore

$$F_h = P_h\, S = \rho_0\, g\, h\, S$$

P_h pressione alla profondità h

Forza sulla faccia inferiore

$$F_{h+\ell} = P_{h+\ell}\, S = \rho_0\, g\, (h+\ell)\, S$$

$P_{h+\ell}$ pressione alla profondità $h+\ell$

Forza risultante

$$F = F_{h+\ell} - F_h$$

$$F = \rho_0\, g\, (h+\ell)\, S - \rho_0\, g\, h\, S = \rho_0\, g\, \ell\, S$$

volume del corpo

Forza di Archimede

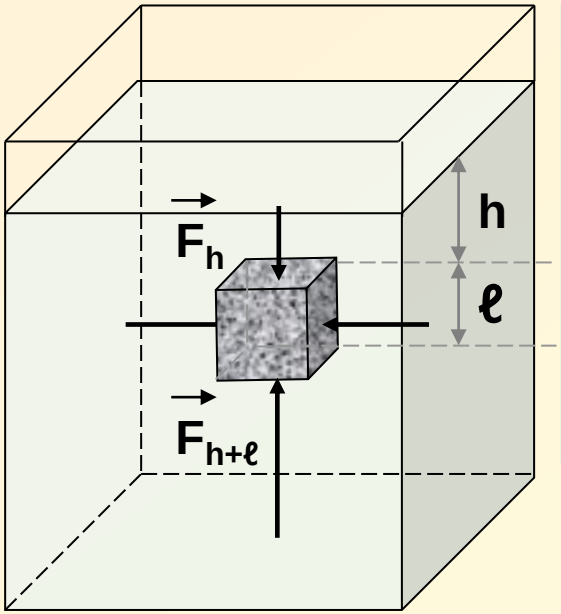
$$F = \rho_0\, g V_c \quad \rightarrow \quad F = m_0\, g$$

ρ_0 **densità del fluido;** m_0 **massa di fluido spostato;** V_c **volume immerso del corpo**

$$P = \frac{F}{A}$$

PRINCIPIO DI ARCHIMEDE

PRINCIPIO DI ARCHIMEDE - Un corpo immerso in un fluido riceve una spinta verso l'alto pari al peso del liquido spostato.



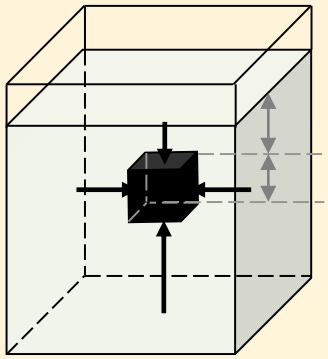
Forza di Archimede

$$F = \rho_0 g V_c \quad \rightarrow \quad F = m_0 g$$

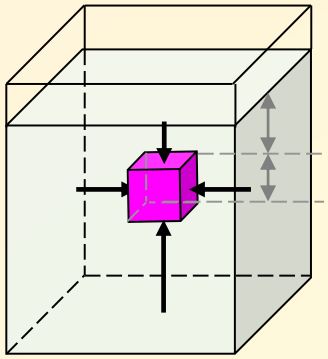
ρ_0 densità del fluido; m_0 massa di fluido spostato;
V_c volume immerso del corpo; $g = 9.8\ m\ s^{-2}$

FORZA DI ARCHIMEDE

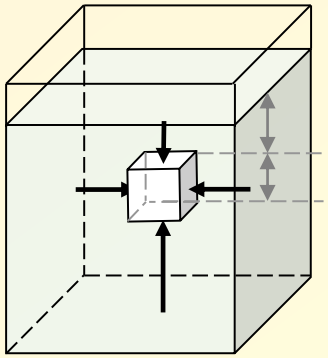
stesso volume e diversa densità del corpo immerso $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$



1



2

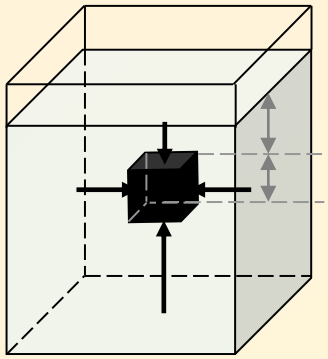


3

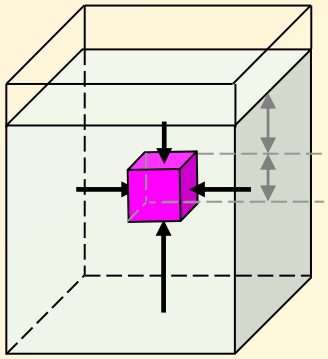
la Forza di Archimede per un corpo immerso in un fluido

FORZA DI ARCHIMEDE

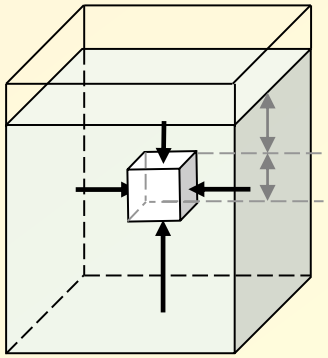
stesso volume e diversa densità del corpo immerso $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$



1



2



3

la Forza di Archimede per un corpo immerso in un fluido

$$F = \rho_0 V_c g$$

ρ_0 **densità del fluido**
V_c **volume immerso del corpo**

la Forza di Archimede per un corpo immerso in un fluido non dipende dalla densità del corpo immerso ma dipende dalla densità del fluido e dal volume della porzione immersa del corpo.

FORZA DI ARCHIMEDE E GALLEGGIAMENTO

FORZA RISULTATE PER CORPO COMPLETAMENTE IMMERSO

Forza peso = $\rho_{corpo}\, V_{corpo}\, g$

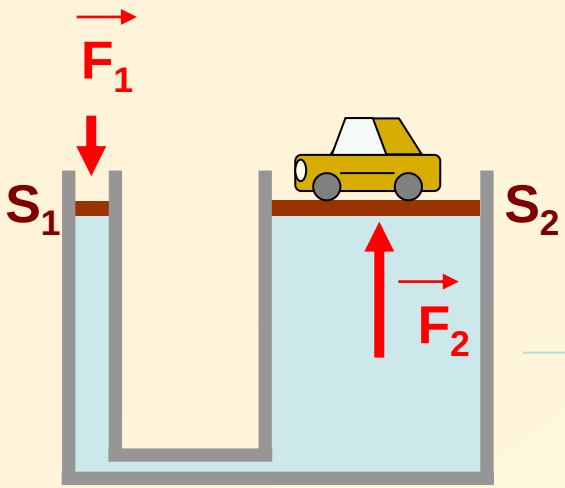
Forza Archimede = $\rho_{fluido}\, V_{corpo}\, g$

Risultante = $(\rho_{corpo} - \rho_{fluido}) V_{corpo}\, g$

$\rho_{corpo} < \rho_{fluido}$ si ha galleggiamento



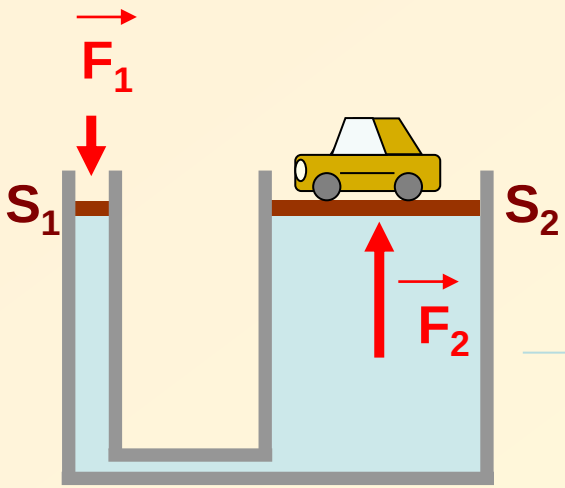
MARTINETTO IDRAULICO O LEVA IDRAULICA



Una forza F_1 esercitata sullo stantufo S_1 ($S_1 < S_2$) produce una variazione di pressione che si trasmette inalterata **anche sullo stantufo S_2, esercitando quindi una forza F_2, che è maggiore di F_1.**

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

MARTINETTO IDRAULICO O LEVA IDRAULICA

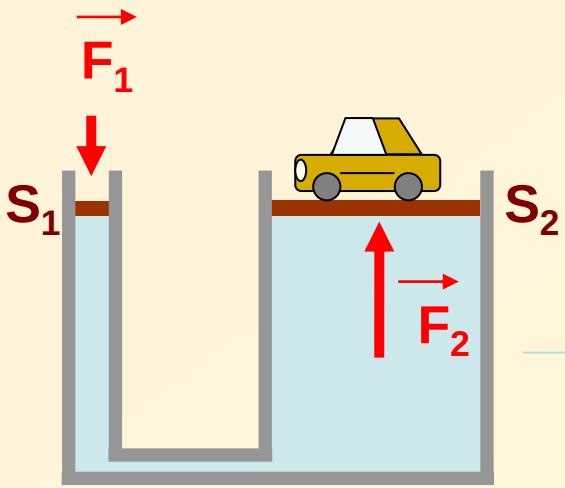


Una forza F_1 esercitata sullo stantufo S_1 ($S_1 < S_2$) produce una variazione di pressione che si trasmette inalterata **anche sullo stantufo S_2, esercitando quindi una forza F_2, che è maggiore di F_1.**

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$P_1 = P_2$$

MARTINETTO IDRAULICO O LEVA IDRAULICA



Una forza F_1 esercitata sullo stantufo S_1 ($S_1 < S_2$) produce una variazione di pressione che si trasmette inalterata **anche sullo stantufo S_2, esercitando quindi una forza F_2, che è maggiore di F_1.**

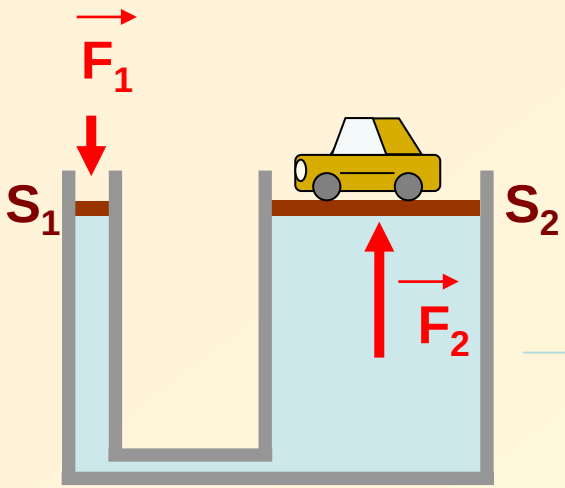
$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$P_1 = P_2$$

Ad esempio

$S_1 = 1\ cm^2$ $F_1 = 2\ N$ $S_2 = 100\ cm^2$ $F_2 =$?

MARTINETTO IDRAULICO O LEVA IDRAULICA



Una forza F_1 esercitata sullo stantufo S_1 ($S_1 < S_2$) produce una variazione di pressione che si trasmette inalterata **anche sullo stantufo S_2, esercitando quindi una forza F_2, che è maggiore di F_1.**

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

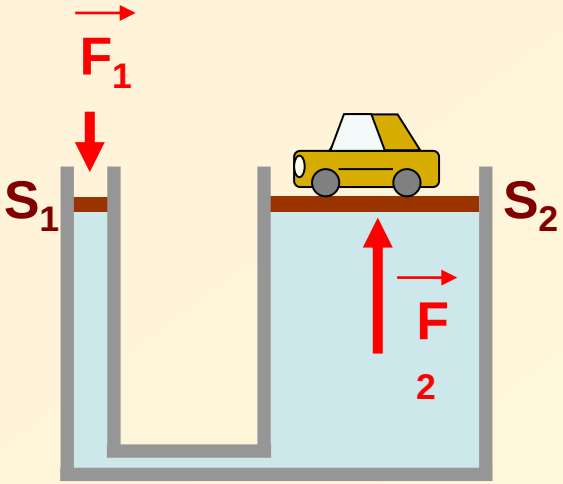
$$P_1 = P_2$$

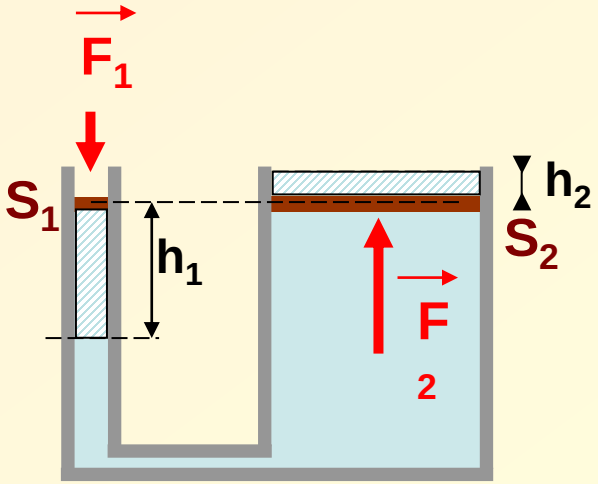
$$F_2 = F_1 (S_2 / S_1) \quad \rightarrow \quad F_2 = 200 \text{ N}$$

Ad esempio

$S_1 = 1 \text{ cm}^2$ $F_1 = 2$ N $S_2 = 100 \text{ cm}^2$ $F_2 =$?

MARTINETTO IDRAULICO O LEVA IDRAULICA





$p = F_1 / S_1 = F_2 / S_2$

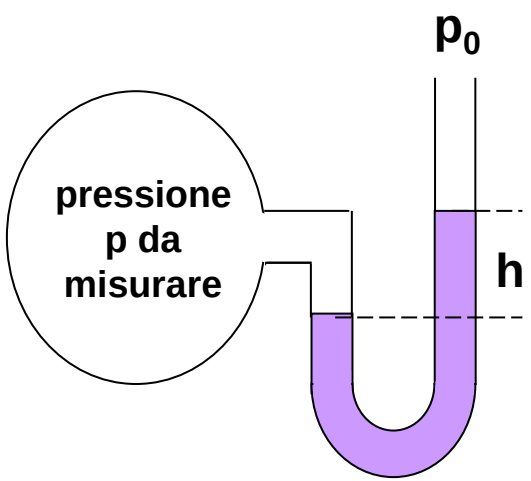
$F_2 = F_1 (S_2 / S_1)$

$L_1 = F_1 h_1 = P S_1 h_1 = PV_1$

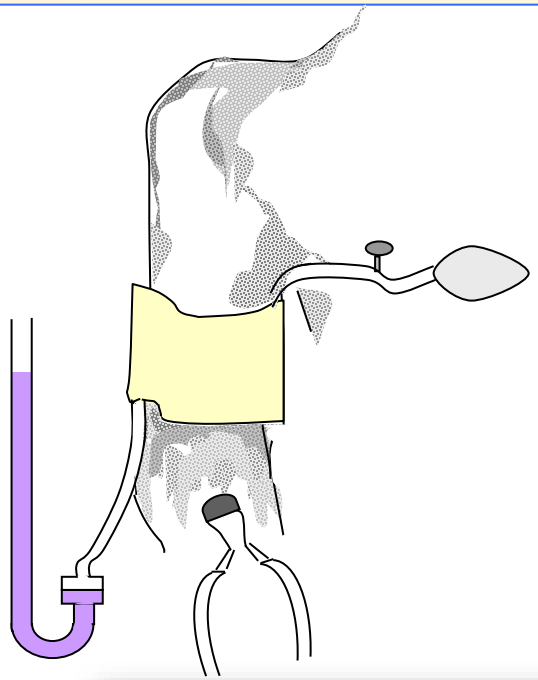
$L_2 = F_2 h_2 = P S_2 h_2 = PV_2$

$L_1 = L_2$

MANOMETRI

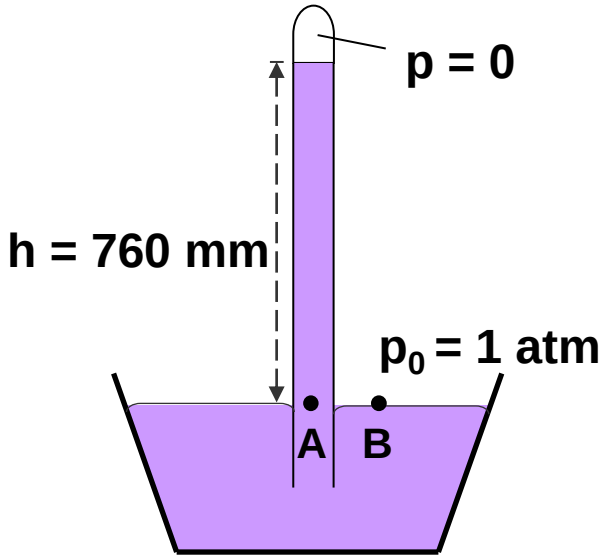


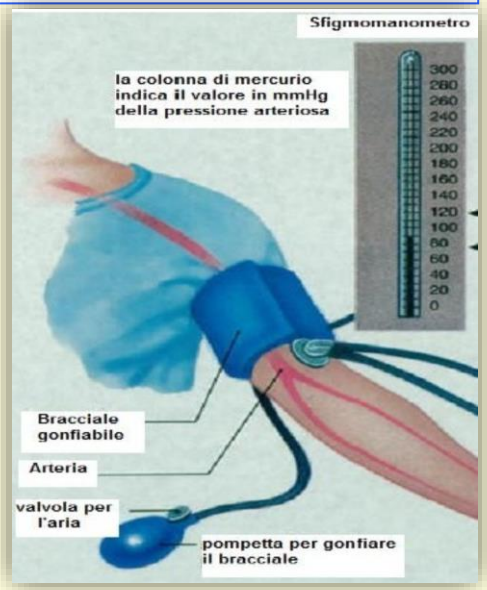
manometro a
tubo aperto



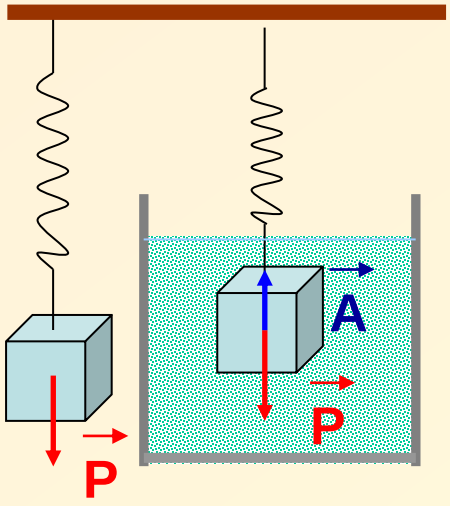
sfigmomanometro

barometro
a mercurio

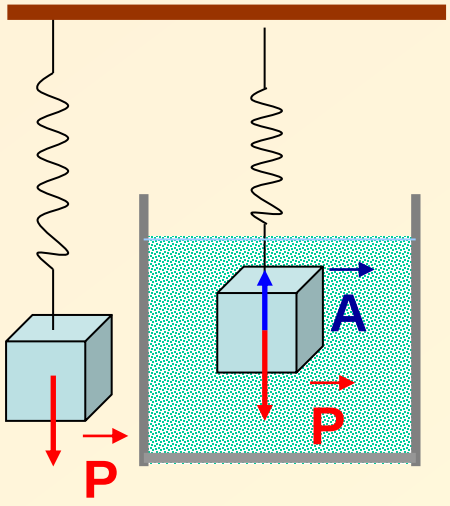




Un corpo attaccato ad un dinamometro pesa 100 N quando è posto in aria, e 75 N quando è in acqua. Qual è la sua densità ?



Un corpo attaccato ad un dinamometro pesa 100 N quando è posto in aria, e 75 N quando è in acqua. Qual è la sua densità ?



$P = mg = \rho_c V_c g$

$A = m_0 g = \rho_0 V_c g$

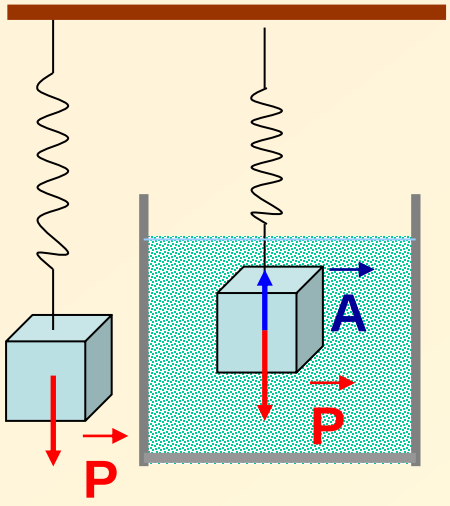
$F = P - A$

$F = 75\ N$

$P = 100\ N$

$\Rightarrow$ $A = 25\ N$

Un corpo attaccato ad un dinamometro pesa 100 N quando è posto in aria, e 75 N quando è in acqua. Qual è la sua densità ?



$P = mg = \rho_c V_c g$

$A = m_0 g = \rho_0 V_c g$

$F = P - A$

$F = 75\ N$

$P = 100\ N$

$\rho_c V_c g = 100$

$\rho_0 V_c g = 25$

$\rho_c / \rho_0 = 4$

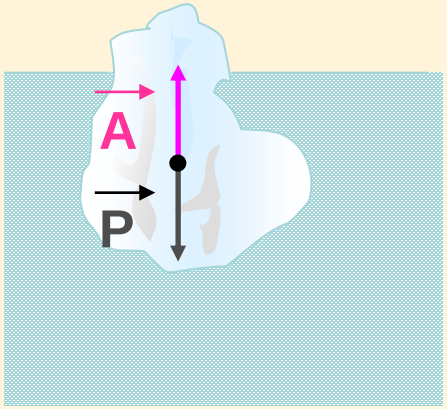
$A = 25\ N$

$\rho_c = 4\ \rho_0$

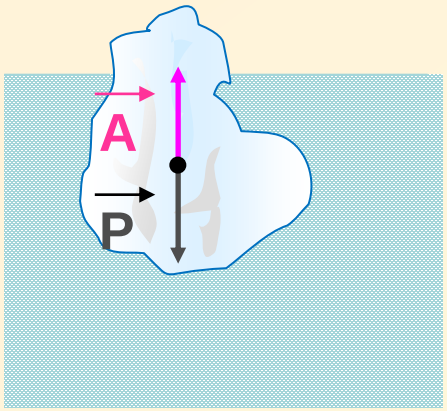
$\rho_c = 4\ g/cm^3$

$\rho_c = 4000\ kg/m^3$

Quale frazione di un iceberg rimane sommersa se la densità dell'acqua marina è 1.025 g/cm^3 e la densità del ghiaccio è 920 kg/m^3 ?



Quale frazione di un iceberg rimane sommersa se la densità dell'acqua marina è 1.025 g/cm^3 e la densità del ghiaccio è 920 kg/m^3 ?



Galleggia $\vec{P} + \vec{A} = 0$

$P = A$

$P = m_c\, g = \rho_c\, V_{c\ tutto}\, g$

$A = m_0 g = \rho_0\, V_{c\ sotto}\, g$

$$\rho_c\, V_{c\ tutto}\, g = \rho_0\, V_{c\ sotto}\, g$$

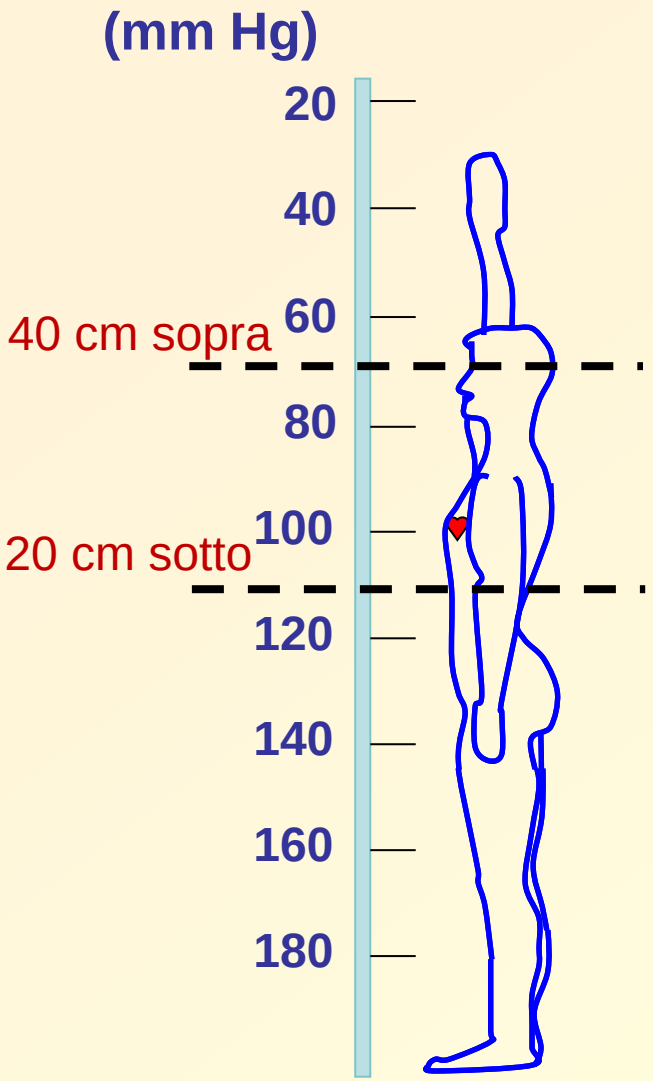
$$V_{c\ sotto} / V_{c\ tutto} = \rho_c / \rho_0$$

$$V_{c\ sotto} / V_{c\ tutto} = 920 / 1025$$

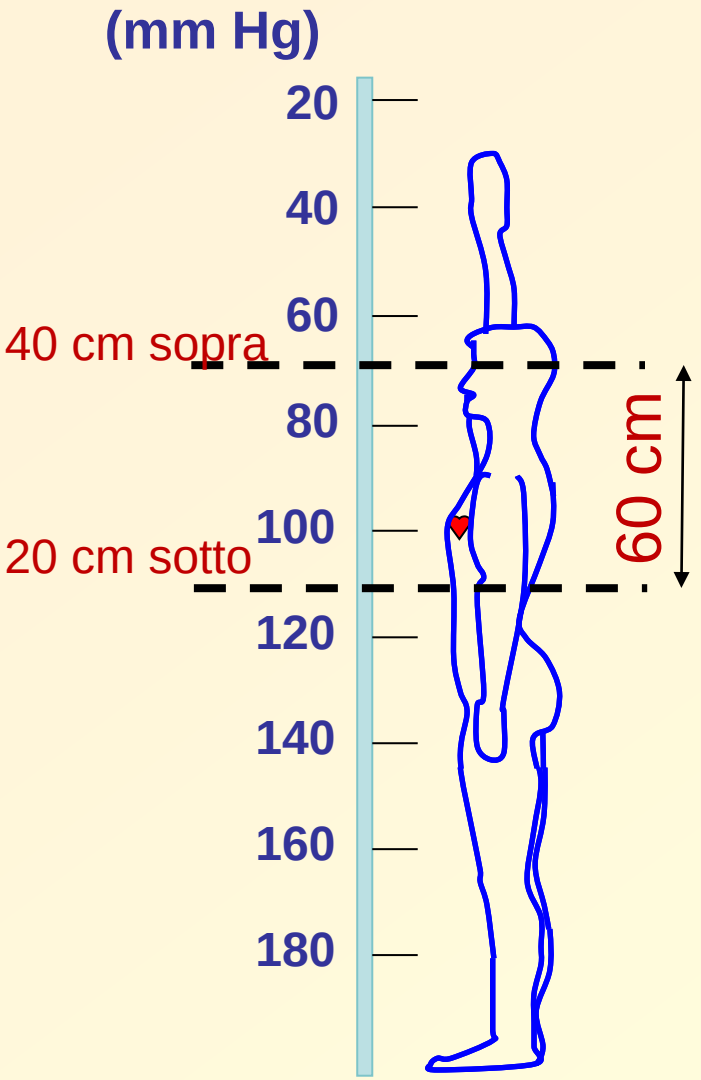
$V_{c\ sotto} / V_{c\ tutto} \approx 0.90$

Circa il 90% è sommerso

Quando un uomo sta in piedi il suo cervello si trova a 40 cm al di sopra del cuore. Di quanto varia la pressione del sangue nel cervello quando l'uomo si piega in avanti portando la testa a 20 cm al di sotto del cuore?



Quando un uomo sta in piedi il suo cervello si trova a 40 cm al di sopra del cuore. Di quanto varia la pressione del sangue nel cervello quando l'uomo si piega in avanti portando la testa a 20 cm al di sotto del cuore?



densità del sangue, dell' ordine della densità acqua

$\Delta p = \rho g h$

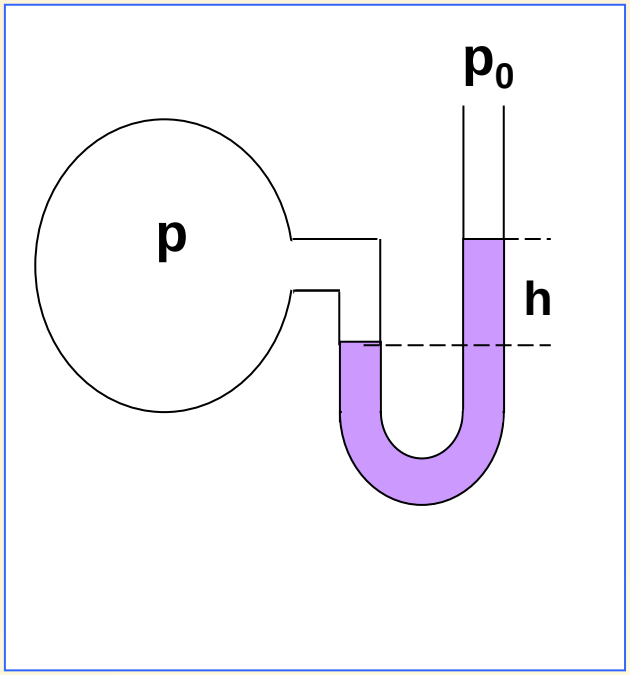
$\Delta p = 10^3\ kg/m^3 \cdot 9.8\ m/s^2 \cdot 0.6\ m$

$\Delta p \approx 6000\ Pa$ → **45 torr**

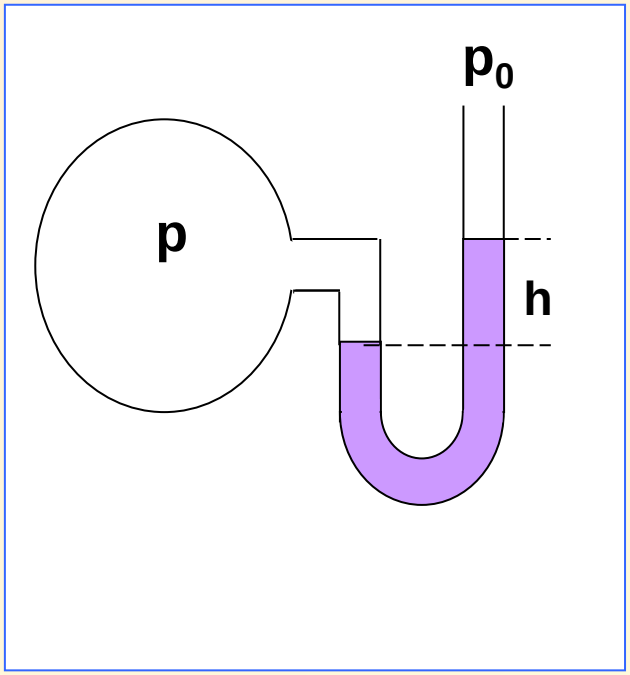
45 mm Hg

1 mm Hg = 133Pa
6000 Pa = 6000/133 → 45 mmHg

Un manometro ad aria libera ha un ramo collegato ad un recipiente contenente un gas alla pressione assoluta di $5 \cdot 10^5$ Pa. Calcolare il dislivello fra i due rami nel caso in cui il liquido manometrico sia **acqua** e nel caso in cui sia **mercurio.**



Un manometro ad aria libera ha un ramo collegato ad un recipiente contenente un gas alla pressione assoluta di $5 \cdot 10^5$ Pa. Calcolare il dislivello fra i due rami nel caso in cui il liquido manometrico sia **acqua** e nel caso in cui sia **mercurio.**



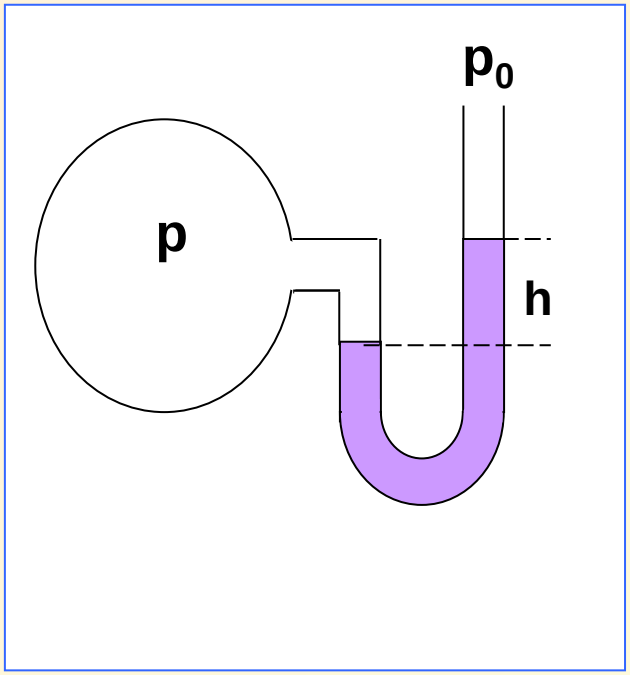
$\Delta p = \rho g h$ $\qquad$ $h = \Delta p / (\rho g)$

$\Delta p = p - p_0$

$\Delta p = 5 \cdot 10^5 \text{ Pa} - 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$\Delta p = 4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Un manometro ad aria libera ha un ramo collegato ad un recipiente contenente un gas alla pressione assoluta di $5 \cdot 10^5$ Pa. Calcolare il dislivello fra i due rami nel caso in cui il liquido manometrico sia **acqua** e nel caso in cui sia **mercurio**.



$\Delta p = \rho g h$ $\qquad$ $h = \Delta p / (\rho g)$

$\Delta p = p - p_0$

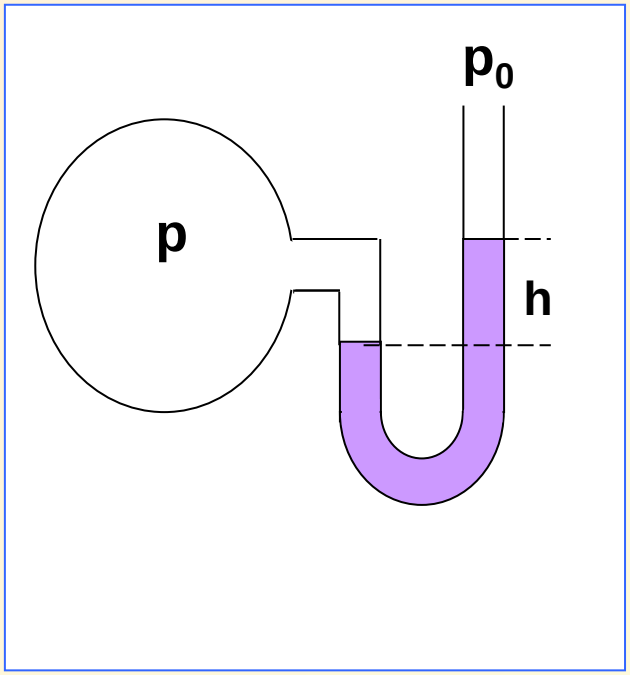
$\Delta p = 5 \cdot 10^5$ Pa $- 1 \cdot 10^5$ Pa

$\Delta p = 4 \cdot 10^5$ Pa

$\rho_{acqua} = 1000$ kg/m^3 $= 1$ g/cm^3

$\rho_{Hg} = 13600$ kg/m^3 $= 13.6$ g/cm^3

Un manometro ad aria libera ha un ramo collegato ad un recipiente contenente un gas alla pressione assoluta di $5 \cdot 10^5$ Pa. Calcolare il dislivello fra i due rami nel caso in cui il liquido manometrico sia **acqua** e nel caso in cui sia **mercurio**.



$\Delta p = \rho g h$ $\qquad$ $h = \Delta p / (\rho g)$

$\Delta p = p - p_0$

$\Delta p = 5 \cdot 10^5 \text{ Pa} - 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$\Delta p = 4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

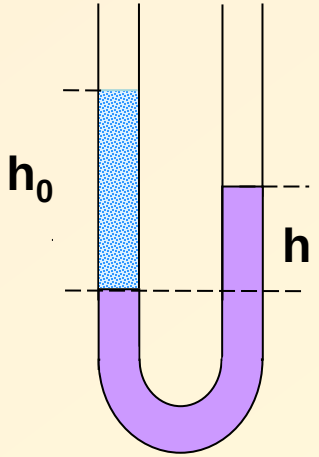
$\rho_{acqua} = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$

$\rho_{Hg} = 13600 \text{ kg/m}^3 = 13.6 \text{ g/cm}^3$

$$h_{acqua} = \frac{4 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{10^3 \text{ kg/ m}^3 \ 9.8 \text{ m/s}^2}$$

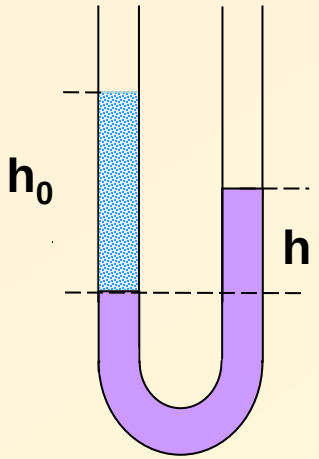
$h_{acqua} = 41$ m $\qquad$ $h_{mercurio} = 3$ m

In un tubo ripiegato ad U vi è mercurio. Nel ramo di sinistra, sopra al mercurio viene versata acqua per un'altezza di 20 cm sopra al livello di mercurio. Calcolare l'aumento di livello di mercurio nel ramo di destra.



La pressione nel ramo sinistro deve eguagliare la pressione nel ramo destro, quindi la pressione dovuta alla colonna di acqua h_0 deve eguagliare la pressione dovuta all'innalzamento h del mercurio nel ramo destro rispetto al sinistro.

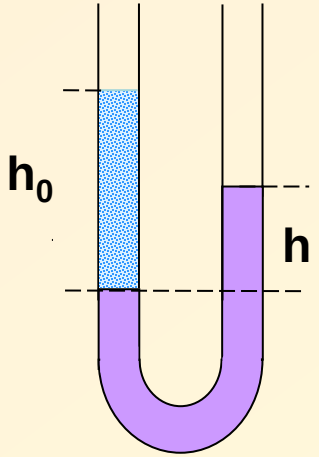
In un tubo ripiegato ad U vi è mercurio. Nel ramo di sinistra, sopra al mercurio viene versata acqua per un'altezza di 20 cm sopra al livello di mercurio. Calcolare l'aumento di livello di mercurio nel ramo di destra.



La pressione nel ramo sinistro deve eguagliare la pressione nel ramo destro, quindi la pressione dovuta alla colonna di acqua h_0 deve eguagliare la pressione dovuta all'innalzamento h del mercurio nel ramo destro rispetto al sinistro.

$$\rho_0 \, g \, h_0 = \rho_{Hg} \, g \, h$$

In un tubo ripiegato ad U vi è mercurio. Nel ramo di sinistra, sopra al mercurio viene versata acqua per un'altezza di 20 cm sopra al livello di mercurio. Calcolare l'aumento di livello di mercurio nel ramo di destra.



La pressione nel ramo sinistro deve eguagliare la pressione nel ramo destro, quindi la pressione dovuta alla colonna di acqua h_0 deve eguagliare la pressione dovuta all'innalzamento h del mercurio nel ramo destro rispetto al sinistro.

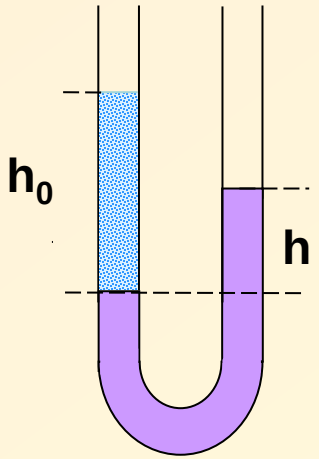
$$\rho_0 \, g \, h_0 = \rho_{Hg} \, g \, h$$

$$h = \rho_0 h_0 \, / \, \rho_{Hg}$$

$\rho_{acqua} = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$

$\rho_{Hg} = 13600 \text{ kg/m}^3 = 13.6 \text{ g/cm}^3$

In un tubo ripiegato ad U vi è mercurio. Nel ramo di sinistra, sopra al mercurio viene versata acqua per un'altezza di 20 cm sopra al livello di mercurio. Calcolare l'aumento di livello di mercurio nel ramo di destra.



La pressione nel ramo sinistro deve eguagliare la pressione nel ramo destro, quindi la pressione dovuta alla colonna di acqua h_0 deve eguagliare la pressione dovuta all'innalzamento h del mercurio nel ramo destro rispetto al sinistro.

$$\rho_0 \, g \, h_0 = \rho_{Hg} \, g \, h$$

$$h = \rho_0 h_0 / \rho_{Hg}$$

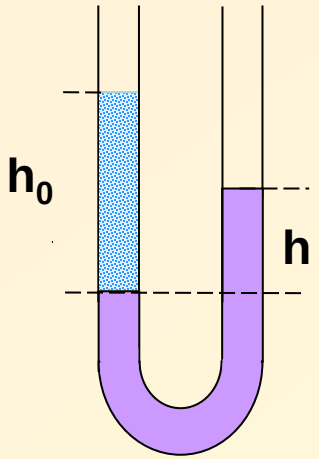
$$h = 1 \text{ g/cm}^3 \times 20 \text{ cm} / 13.6 \text{ g/cm}^3$$

$$h = 1.47 \text{ cm}$$

$\rho_{acqua} = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$

$\rho_{Hg} = 13600 \text{ kg/m}^3 = 13.6 \text{ g/cm}^3$

In un tubo ripiegato ad U vi è mercurio. Nel ramo di sinistra, sopra al mercurio viene versata acqua per un'altezza di 20 cm sopra al livello di mercurio. Calcolare l'aumento di livello di mercurio nel ramo di destra.



La pressione nel ramo sinistro deve eguagliare la pressione nel ramo destro, quindi la pressione dovuta alla colonna di acqua h_0 deve eguagliare la pressione dovuta all'innalzamento h del mercurio nel ramo destro rispetto al sinistro.

$$\rho_0 \, g \, h_0 = \rho_{Hg} \, g \, h$$

$$h = \rho_0 h_0 / \rho_{Hg}$$

$$h = 1 \text{ g/cm}^3 \times 20 \text{ cm} / 13.6 \text{ g/cm}^3$$

$$h = 1.47 \text{ cm}$$

$\rho_{acqua} = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$

$\rho_{Hg} = 13600 \text{ kg/m}^3 = 13.6 \text{ g/cm}^3$

Oppure trasformare tutto in S.I. usando: **kg/m³ e m**

$$h = 1.47 \times 10^{-2} \text{ m}$$