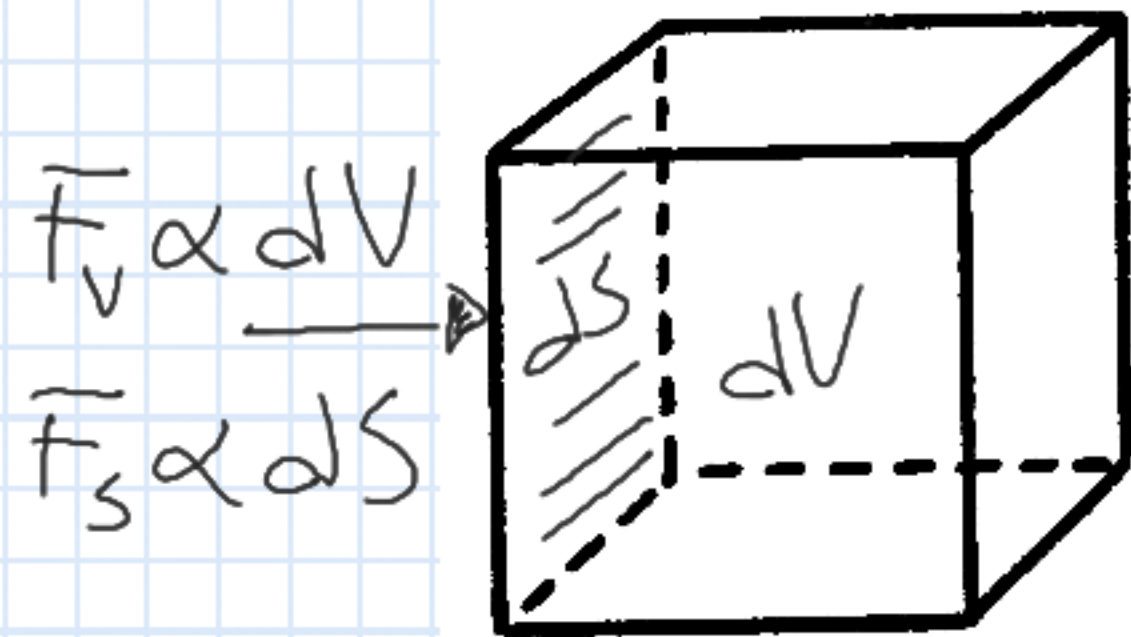


Fluidi:

Liquidi: Volume ben definito
Sostanza incompressibile



Gas: Volume del recipiente che lo contiene

$$\rho_{liq} \gg \rho_{gas}$$

$$dm = \rho dV$$

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

U.d.m. $[kg/m^3]$

Pressione:

Quantità scalare:

$$p = \frac{\Delta F}{\Delta S} = \frac{F}{S}$$

Unità di misura:

Pascal $\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ S.I.

• $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

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

• $1 \text{ mm Hg} = 1 \text{ Torr} = \frac{1}{760} \text{ atm} = 133,3 \text{ Pa}$

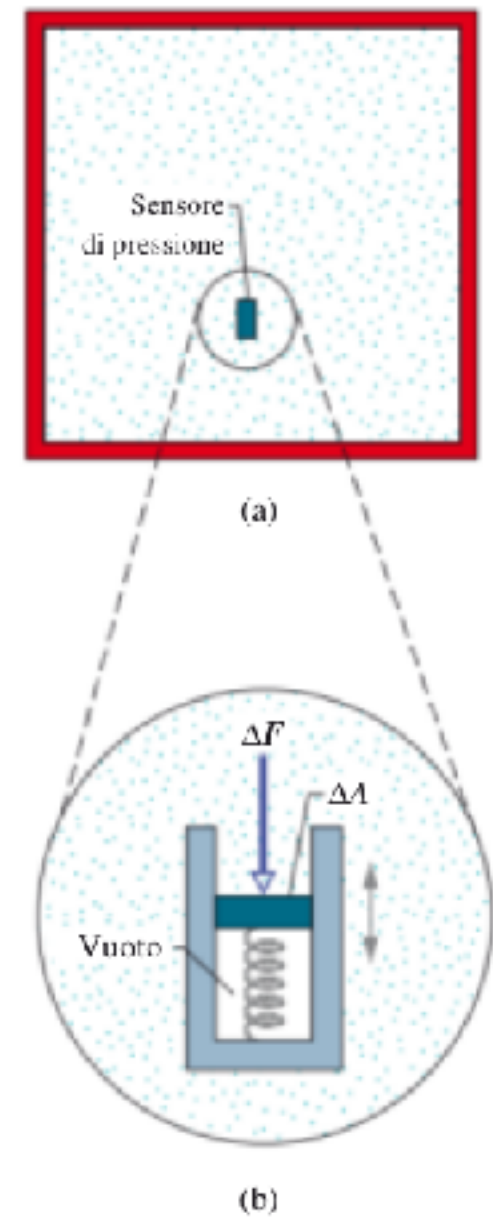


Figura 14.1 (a) Un contenitore riempito di un fluido con un sensore di pressione al suo interno; i dettagli del sensore sono mostrati in (b). La pressione è misurata dalla posizione relativa del pistone del sensore.

TABELLA 14.1 Alcuni valori di ~~massa volumica~~ densità

Sostanza o oggetto	Massa volumica (kg/m^3)
Spazio interstellare	10^{-20}
Massimo «vuoto» raggiungibile in laboratorio	10^{-17}
Aria: a $20\text{ }^\circ\text{C}$ e 1 bar	1,21
a $20\text{ }^\circ\text{C}$ e 50 bar	60,5
Polistirolo espanso	$1 \cdot 10^2$
Acqua: a $20\text{ }^\circ\text{C}$ e 1 bar	$0,998 \cdot 10^3$
a $20\text{ }^\circ\text{C}$ e 50 bar	$1,000 \cdot 10^3$
Acqua del mare: a $20\text{ }^\circ\text{C}$ e 1 bar	$1,024 \cdot 10^3$
Sangue	$1,060 \cdot 10^3$
Ghiaccio	$0,917 \cdot 10^3$
Ferro	$7,9 \cdot 10^3$
Mercurio	$13,6 \cdot 10^3$
Terra: valor medio	$5,5 \cdot 10^3$
nucleo	$9,5 \cdot 10^3$
crosta	$2,8 \cdot 10^3$
Sole: valor medio	$1,4 \cdot 10^3$
nucleo	$1,6 \cdot 10^3$
Stella nana bianca (nucleo centrale)	10^{10}
Nucleo dell'uranio	$3 \cdot 10^{17}$
Stella di neutroni (nucleo centrale)	10^{18}

TABELLA 14.2 Alcuni valori di pressione

	Pressione (Pa)
Centro del Sole	$2 \cdot 10^{16}$
Centro della Terra	$4 \cdot 10^{11}$
Massima pressione raggiunta in laboratorio	$1,5 \cdot 10^{10}$
Fossa oceanica più profonda, sul fondo	$1,1 \cdot 10^8$
Tacchi a spillo su una pista da ballo	$1 \cdot 10^6$
Pneumatici di un'automobile ^a	$2 \cdot 10^5$
Pressione atmosferica al livello del mare	$1,0 \cdot 10^5$
Pressione del sangue ^{a,b}	$1,6 \cdot 10^4$
Massimo «vuoto» raggiungibile in laboratorio	10^{-12}

^a Pressione in eccesso rispetto a quella atmosferica.

^b Pressione sistolica, corrispondente a circa 120 torr sui misuratori di pressione per uso medico (sfigmomanometri).

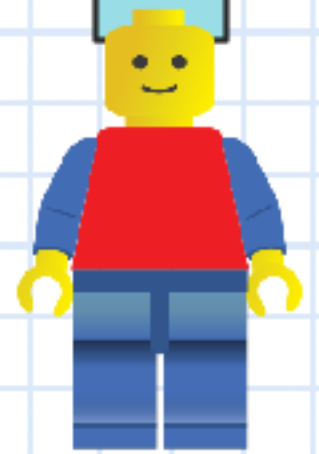
Es: Forza esercitata dalla pressione atmosferica

$$S = 0,04 \text{ m}^2$$

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p S \approx 10^5 \text{ Pa} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 =$$

$$= 4 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Peso della colonna d'aria che
grava sulla vostra testa



Fluido in Equilibrio Statico

=> Tutti gli elementi del fluido hanno accelerazione e velocità nulla

$$a) \quad d\vec{F}_s + d\vec{F}_v = 0$$

lungo l'asse z

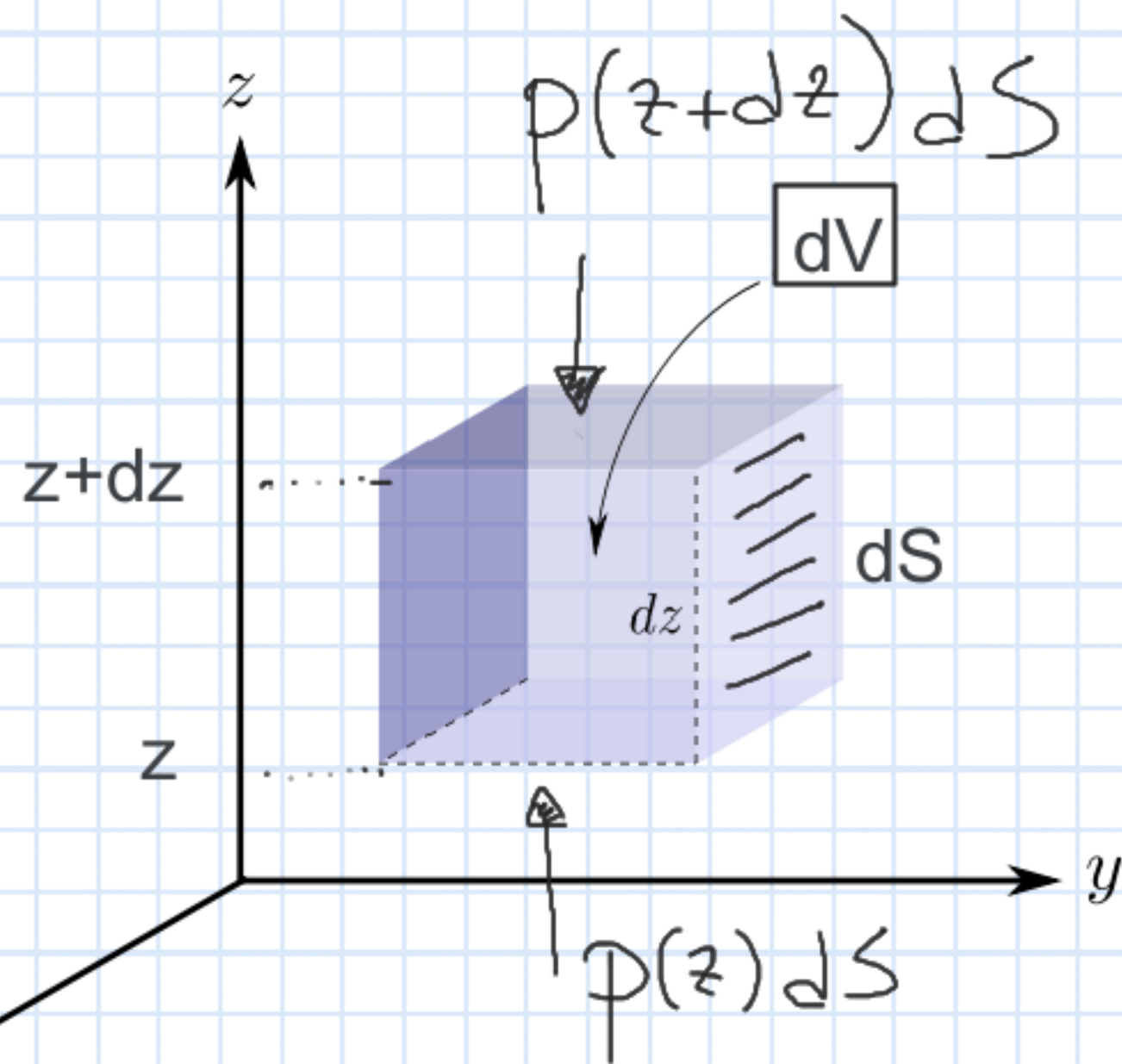
$$d\vec{F}_{s,z} = p(z)dS - p(z+dz)dS =$$

$$= p(z)dS - [p(z) + dp]dS =$$

$$= -dp dS$$

b)

$$-p(z)dS - dp dS$$



Fluido in Equilibrio Statico

Forza di Volume per unità di massa: $\frac{f_z}{m}$

$$dF_{v,z} = f_z dm = f_z g dV$$

insottemando b) & c) in a)

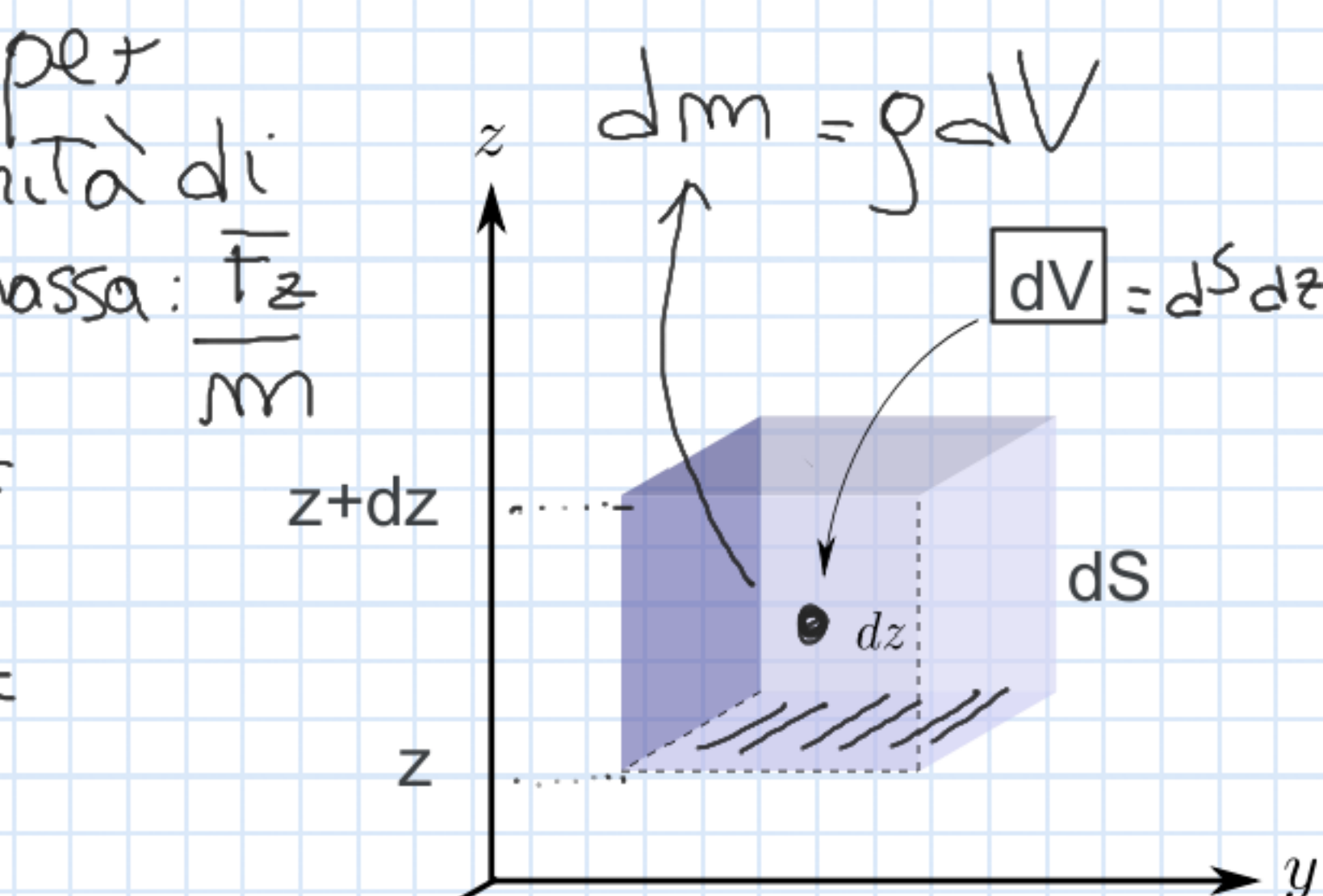
$$dF_{s,z} + dF_{v,z} = -dp dS + f_z g dV =$$

$$= 0$$

$$-dp dS + f_z g dS dz = 0$$

$$-dp + f_z g dz = 0$$

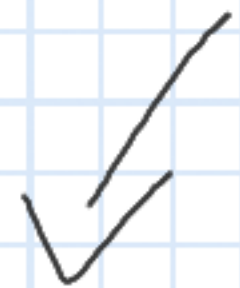
$$dp = f_z g dz \Rightarrow \frac{dp}{dz} = f_z g$$



Se agisce una forza di volume, la pressione NON può essere costante (lungo l'asse z). La pressione aumenta in direzione della forza

Condizione equilibrio statico per i fluidi:

$$\Rightarrow \left[\begin{array}{l} \frac{\partial p}{\partial x} = \rho f_x \\ \frac{\partial p}{\partial y} = \rho f_y \\ \frac{\partial p}{\partial z} = \rho f_z \end{array} \right]$$



$$\vec{\nabla} p = \rho \vec{f}$$

Valida lungo tutti gli assi x, y, z

Equilibrio statico in presenza della forza peso

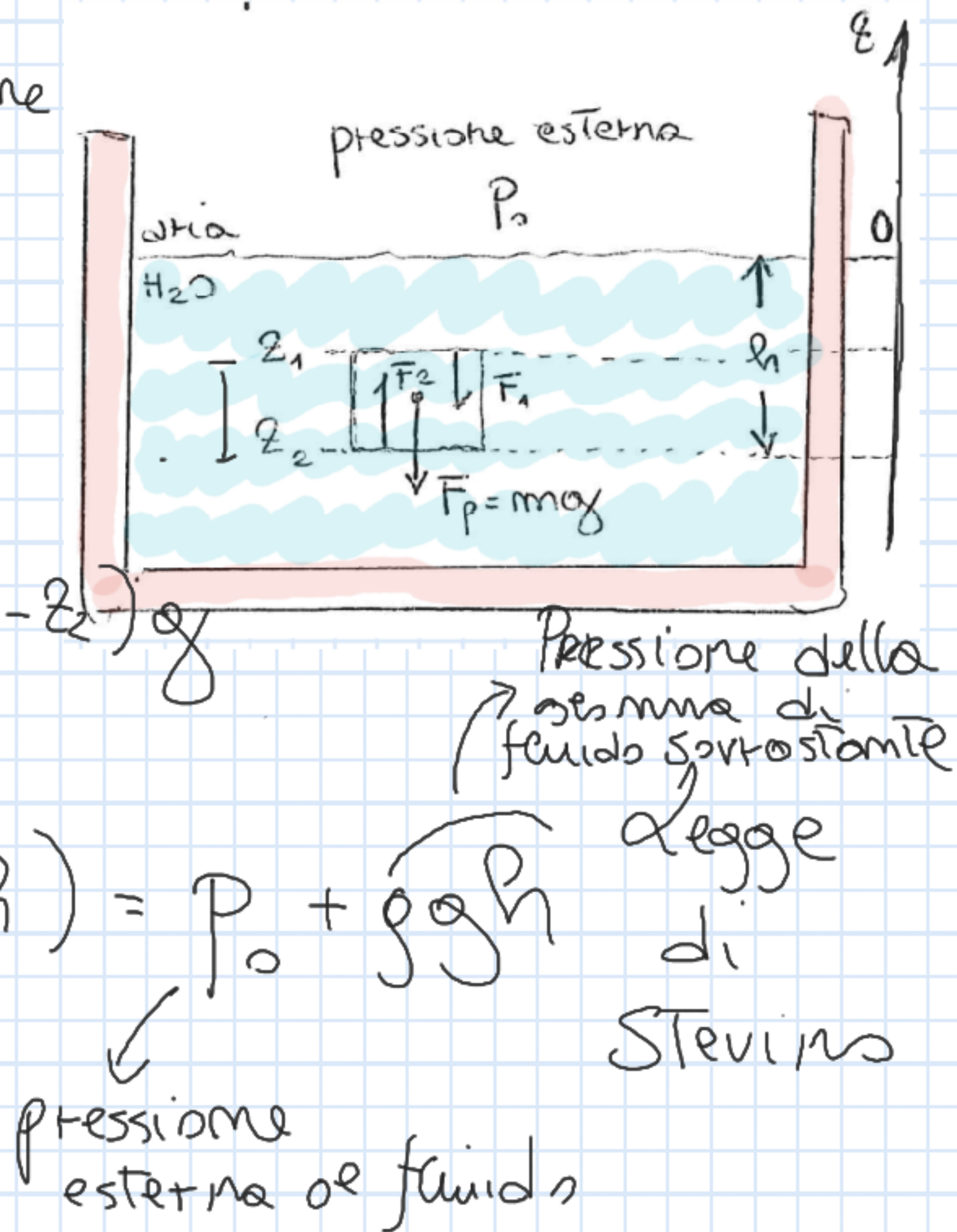
lungo x & y le $F_v = 0 \Rightarrow$ la pressione è costante lungo il piano xy

lungo asse z :

$$F_2 = F_1 + F_p \quad F_p = mg = \rho V g =$$

$$\boxed{P_2 S = P_1 S + \rho S (z_1 - z_2) g} = \rho S (z_1 - z_2) g$$

$$P_2 - P_1 = \rho g (z_1 - z_2) \Rightarrow P(h) = P_0 + \rho g h$$



Legge di Stevino da condizione di eq. statico di un fluido

$$f_x = f_y = 0 \Rightarrow \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \Rightarrow p \text{ lungo } x \text{ e } y \text{ e' costante}$$

$$\boxed{f_z = -g}$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g \Rightarrow \int_{z_1}^{z_2} dp = - \int_{z_1}^{z_2} \rho g dz \Rightarrow p(z_2) - p(z_1) = \rho g (z_1 - z_2)$$

$$f = \frac{F}{m}$$

$$F_p = -mg$$

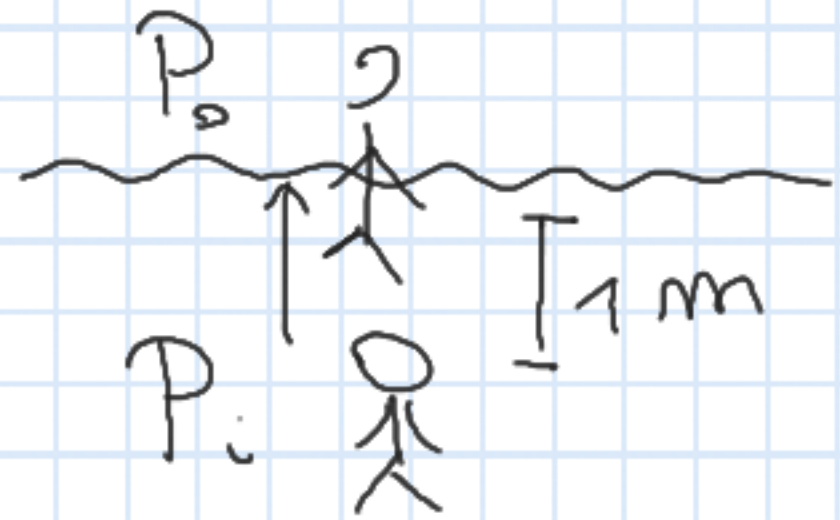
$$f_{z,p} = \frac{-mg}{m}$$

Esempio: Sub inesperto

Un sub, ad 1m di profondita', inala aria dalle bombole per poi risalire velocemente a galla trattenendo il fiato. A quale differenza di pressione sono sottoposti i suoi polmoni una volta raggiunta la superficie?

$P_i = P_0 + \rho g h$ \rightarrow la pressione a cui si trovano i polmoni del sub, e' pari alla pressione ambiente

$$P_t = P_0 + \cancel{\rho g h}$$

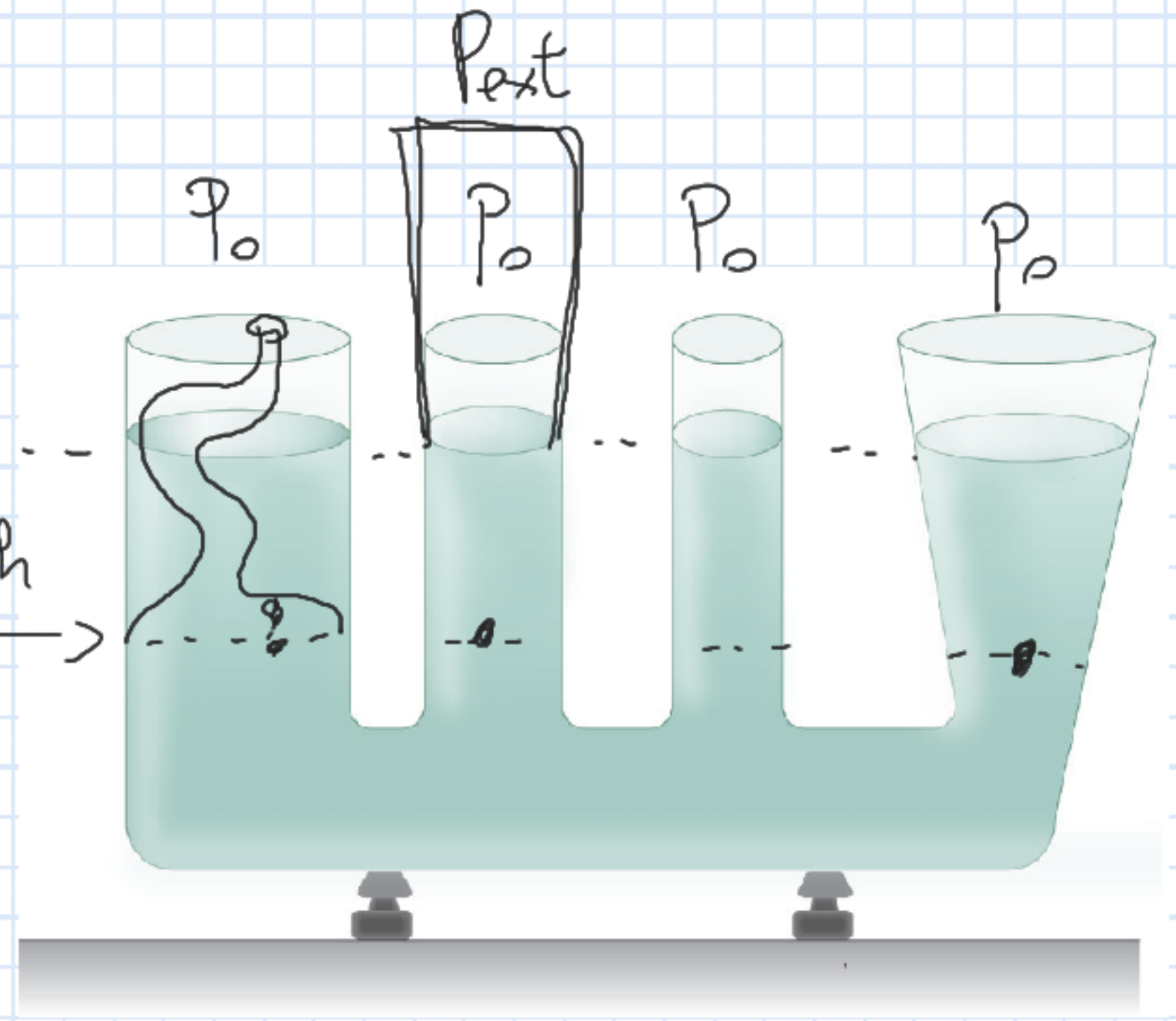


$$\Delta P = P_t - P_i = \cancel{P_0} - \cancel{P_0} - \rho g h = -\rho g h \approx$$
$$\approx -10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ m} = -10^4 \text{ Pa}$$

Legge dei vasi comunicanti

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

h



Manometro a U:

$$P_t > P_o$$

$$P_t = P_o + \rho g h$$

$P_t - P_o = \rho g h \Rightarrow$ da una misura delle distanze dei due bracci del manometro, nota la densità del fluido, abbiamo una misura relativa della pressione all'interno del serbatoio

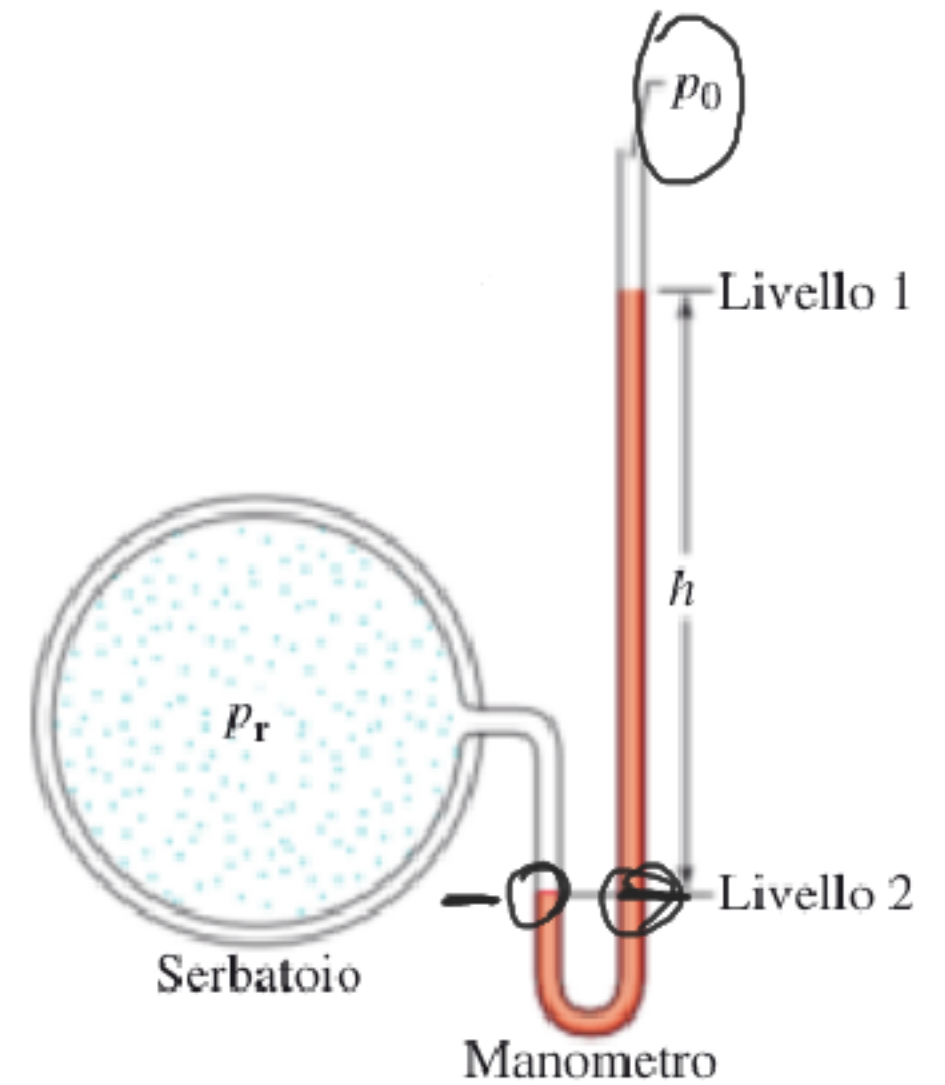


Figura 14.6 Un manometro a tubo aperto, collegato in modo da misurare la pressione del gas nel serbatoio di sinistra. Il braccio destro del tubo a forma di U è aperto all'atmosfera.

Barometro di Torricelli

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

$P_1 = P_0$
 $P_2 = 0$
 H_0

$$P_0 = \rho g h \rightarrow 760 \text{ mm}$$

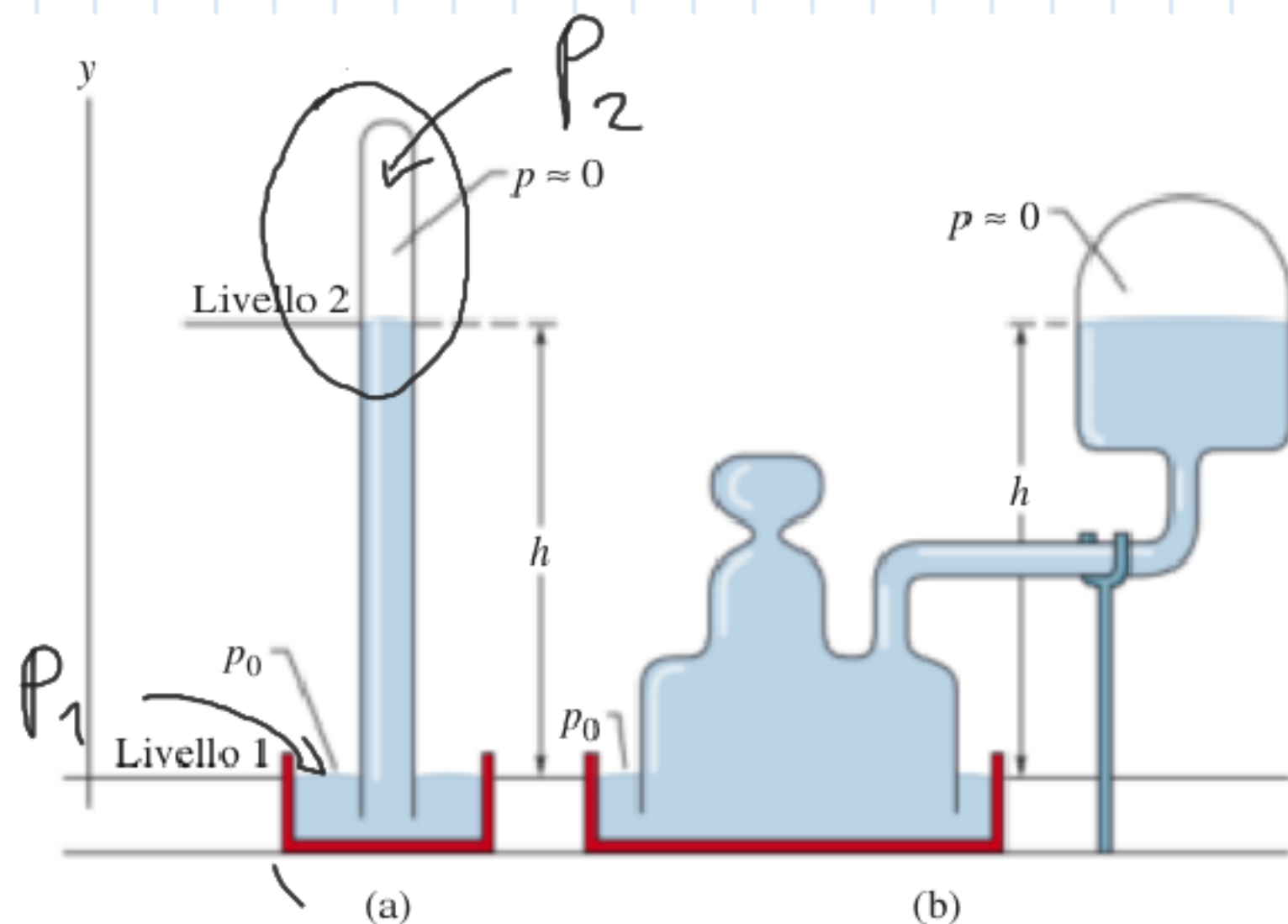


Figura 14.5 (a) Un barometro a mercurio. (b) Un altro barometro a mercurio. Il valore di h è lo stesso in entrambi i casi.

Equilibrio pressioni in tubo a U

$$P = P_0 + \rho_1 g h_1 = P_0 + \rho_2 g h_2$$

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}$$

