

FISICA GENERALE I

Docente: Prof. G. Carboni
giovanni.carboni@cern.ch

Esercitatore: Dott. R. Petrillo
roberto.petrillo@roma2.infn.it

Anno Accademico 2012 - 2013

Queste lezioni sono scaricabili in formato pdf
dalla pagina

<http://people.roma2.infn.it/carboni>

UTENTE: fis1_studenti
PW: disp_fis1

→ *Necessario Adobe Reader*

An abstract visualization of fluid flow, likely representing a turbulent flow field. The image features several large, swirling vortices in shades of blue and green, set against a dark background. The vortices are interconnected by thin, flowing lines of the same colors, creating a complex, dynamic pattern. The overall effect is one of intense motion and energy.

Meccanica dei fluidi

Fluido: sostanza senza forma propria

In genere è quella del recipiente che lo contiene

- volume proprio: liquidi
- senza volume proprio: gas

Non si possono utilizzare i normali metodi della meccanica a causa del numero enorme di particelle in gioco

Inoltre anche le proprietà delle singole particelle devono essere "tradotte" in grandezze misurabili su scala macroscopica per poterle interpretare.

In pratica non siamo interessati a conoscere il moto delle singole particelle, ma piuttosto di porzioni estese di fluido

Ad esempio ci interessa la velocità di un volume di liquido

Quel che faremo qui è cercare di capire il comportamento di un volumetto dV di fluido

Il problema è che durante il tempo questo volume cambia continuamente forma e anche massa

“punti di vista”

1. *sostanziale* o lagrangiano (da Giuseppe Lagrange)
→ si segue il moto del volumetto di fluido



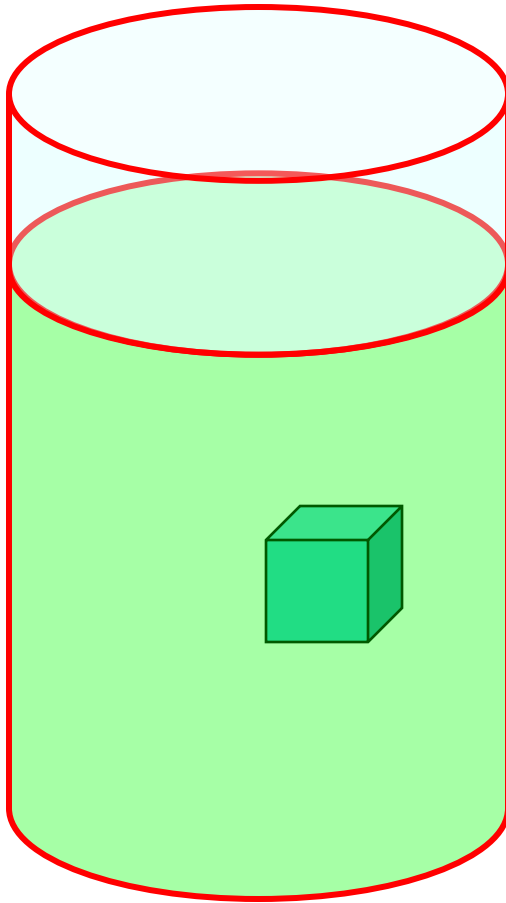
1736–1813

2. *locale* o euleriano (da Leonardo Eulero)
→ si studia come variano nel tempo le proprietà del fluido (densità, velocità) in un punto fissato dello spazio



1707–1783

Densità



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

$$\rho(x, y, z) = \frac{dm}{dV}$$

dipende in genere dalla posizione

→ Fluido incompressibile: $\rho = \text{costante}$

Pressione

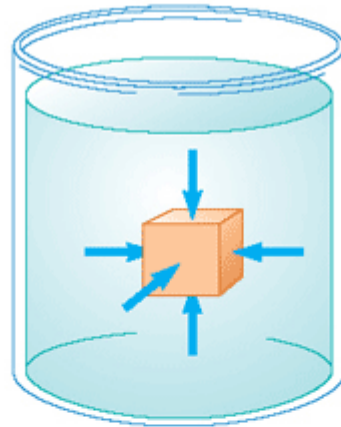


FIGURA 15.1 La forza esercitata dal fluido su un corpo immerso è perpendicolare in ogni punto alla superficie del corpo. La forza del fluido sulle pareti del recipiente è perpendicolare alle pareti in ogni punto.



Serway, Jewett
Principi di Fisica, IV Ed.
EdiSES

$$\vec{F} = PS\hat{n}$$

area

versore

- *normale a S*
- *diretto verso l'interno del corpo*

pressione

$$P = \frac{|F|}{S} \Rightarrow \frac{|dF|}{dS}$$

284 Unità di misura della pressione La pressione, essendo una forza divisa un'area, si misura nel sistema MKS in Newton/m^2 . Questa unità prende il nome di Pascal (Pa) e la pressione atmosferica vale circa 101000 Pa. Sono in uso anche i multipli del Pascal (kPa e MPa) ². Unità tradizionali e ancora in uso sono:

- l'atmosfera "standard" che corrisponde a 760 mm di mercurio misurati col barometro di Torricelli, e che prende anche il nome di bar (sottomultiplo il mbar) e vale 101325 Pa;
- il kg/cm^2 (sempre molto usato per la pressione delle gomme) in cui il kg è in realtà il kg-forza (pari a circa 9.8 N) per cui quest'unità vale circa 98000 Pa;
- il torr (o millimetro di mercurio) di cui 760 fanno 1 bar o 1 atm.

Si tende spesso a confondere l'atm. col kg/cm^2 , in realtà la somiglianza è approssimata e del tutto fortuita.

La pressione in un fluido “pesante” (ossia nel campo della forza peso) dipende dalla profondità all’interno del fluido stesso

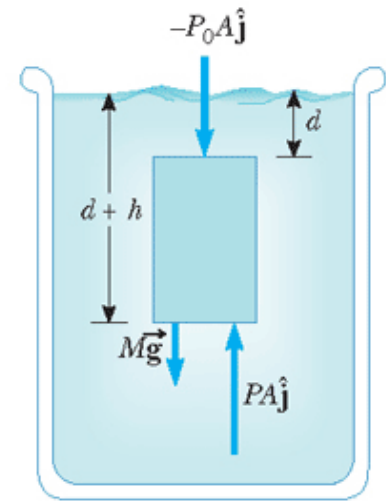
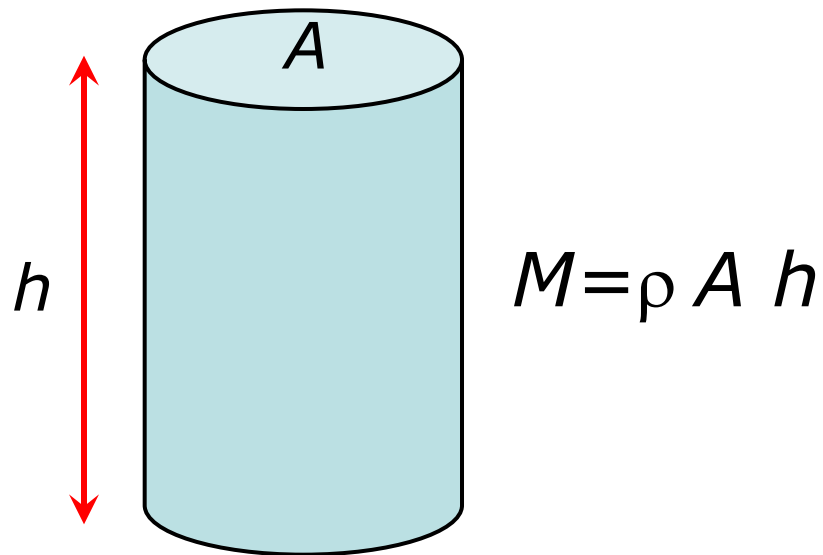


FIGURA 15.4 La forza risultante sul campione di liquido all’interno della regione più scura deve essere zero poiché il campione è in equilibrio.

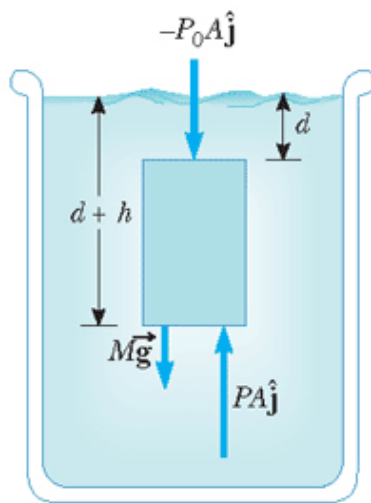


FIGURA 15.4 La forza risultante sul campione di liquido all'interno della regione più scura deve essere zero poiché il campione è in equilibrio.

Le forze di pressione laterali si bilanciano

Lungo la verticale invece

$$P(d)A + Mg = P(d + h)A$$

$$P(d + h) - P(d) = \frac{Mg}{A}$$



Mg = peso della colonna di fluido di altezza h

$$P(d + h) - P(d) = \frac{\rho g A h}{A} = \rho g h$$



*asse z diretto
verso l'alto →*

$$\frac{dP}{dz} = -\rho g$$

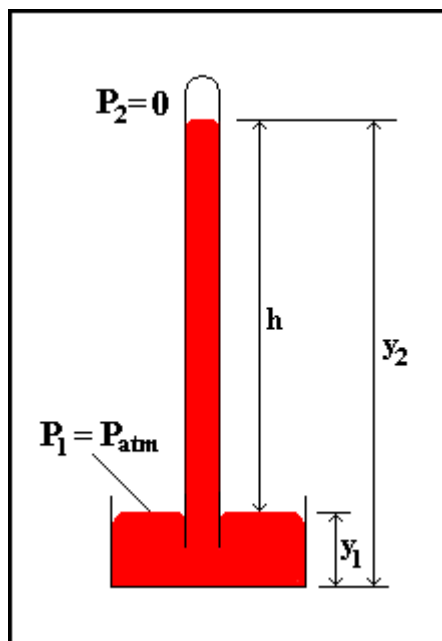
Se il fluido non è incompressibile (per esempio un gas) ρ dipende da (x, y, z) attraverso la stessa pressione P .

Ad esempio per trovare l'andamento della P atmosferica con l'altezza occorre tenerne conto.

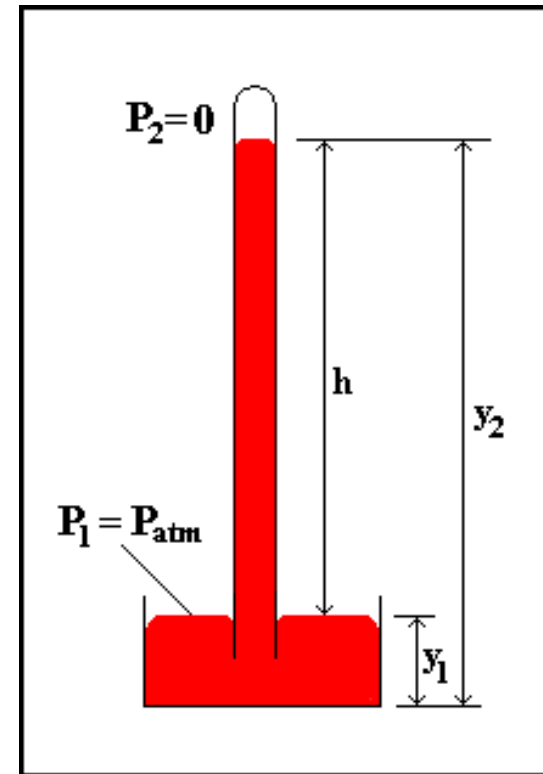
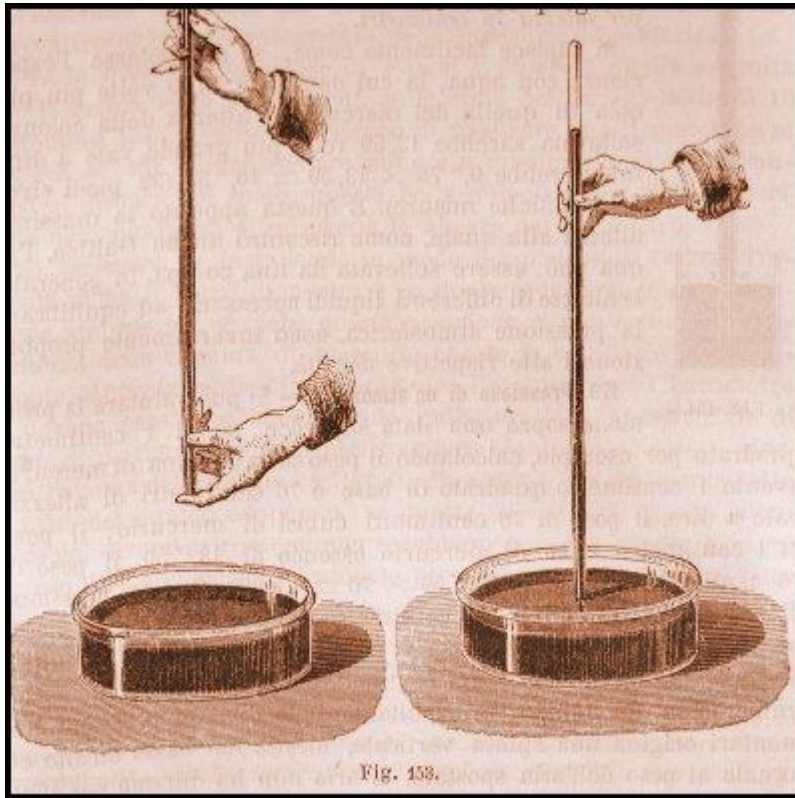
Pressione atmosferica

L'aria in cui siamo immersi esercita una pressione

Sperimentalmente questa fu misurata la prima volta da Evangelista Torricelli (1608-1647)

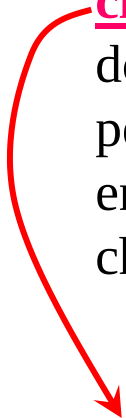


Barometro di Torricelli - 1643



La pressione atmosferica a livello del mare è quella di una colonna di mercurio alta $76 \text{ cm} = 760 \text{ mm}$
 $1 \text{ Torr} = 1 \text{ mm di Hg}$

....ma io pretendo, ...che la forza [che tiene su l'argento vivo] venga di fuori.
Su la superficie del liquore che è nella catinella gravita l'altezza di cinquanta miglia d'aria; però qual maraviglia è se nel vetro, dove l'argento vivo non ha inclinazione, nè anco repugnanza per non esservi nulla, entri e vi s'innalzi fin tanto, che si equilibri colla gravità dell'aria esterna, che lo spinge?



La densità dell'aria a livello del mare è circa $1,3 \text{ kg/m}^3$

La colonna d'aria dovrebbe essere quindi alta 8 km

In realtà è più alta (20 km) perché la densità decresce con l'altezza

La stima di Torricelli era un po' esagerata ma la conclusione corretta

$$P_{\text{atm}} = \rho_{\text{Hg}} g h$$

$$\rho_{\text{Hg}} = 1,358 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,805 \text{ m/s}^2$$

$$h = 0,760 \text{ m}$$



$$P_{\text{atm}} = 101,3 \text{ kPa}$$

Per avere una differenza di pressione di 1 atm con una colonna d'acqua occorre che abbia un'altezza di

$$h = \frac{P_{\text{atm}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}} g} \approx 10 \text{ m}$$

Un barometro ad acqua non è quindi pratico

Si può però usare per misurare piccole differenze di pressione

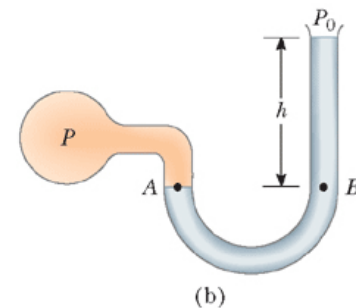
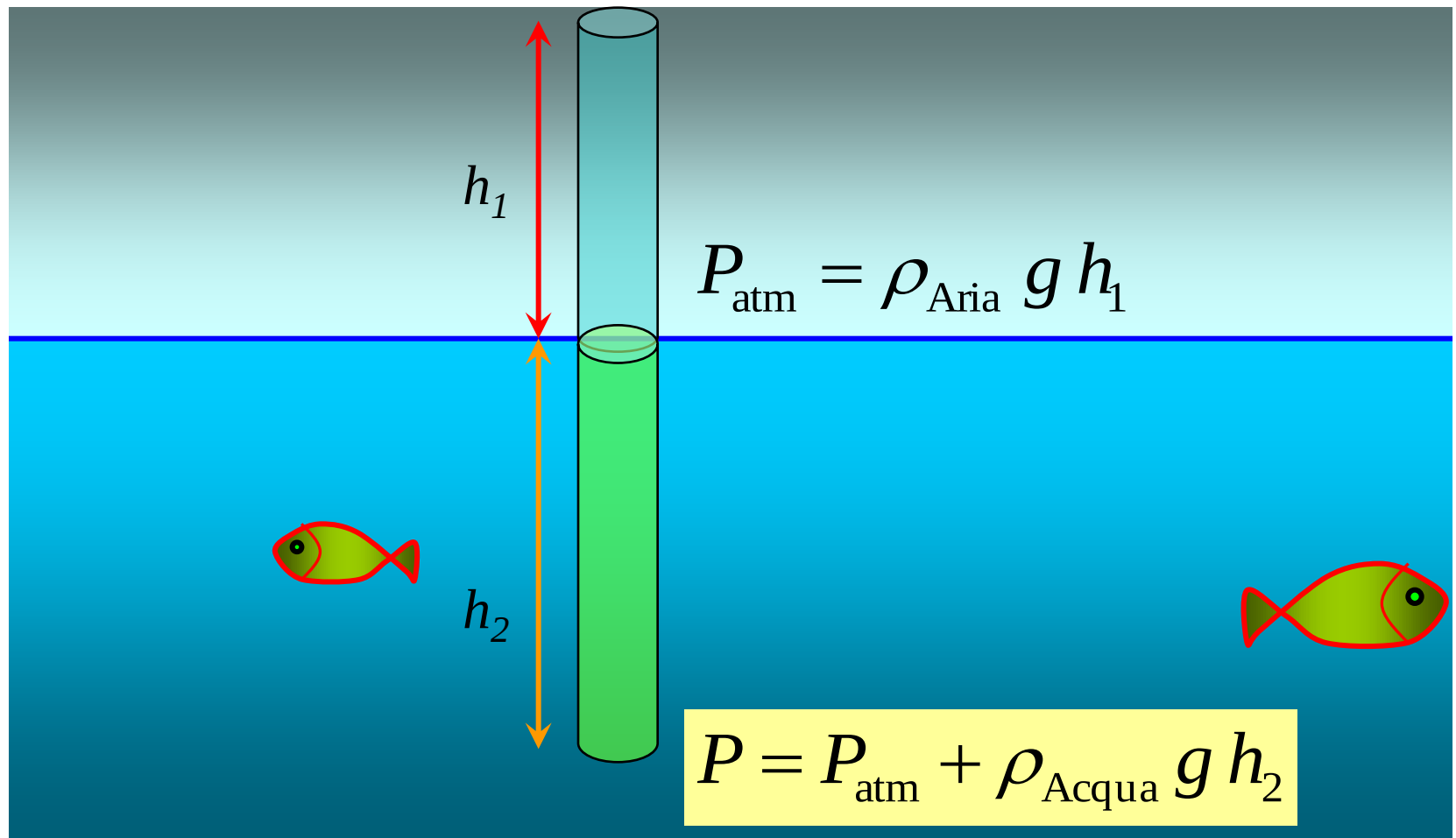


FIGURA 15.7 Due strumenti per la misura della pressione: (a) un barometro a mercurio e (b) un manometro a tubo aperto.



La pressione sott'acqua aumenta di 1 atm ogni 10 m di profondità

Forza totale sulla diga

$$P = \rho gh$$

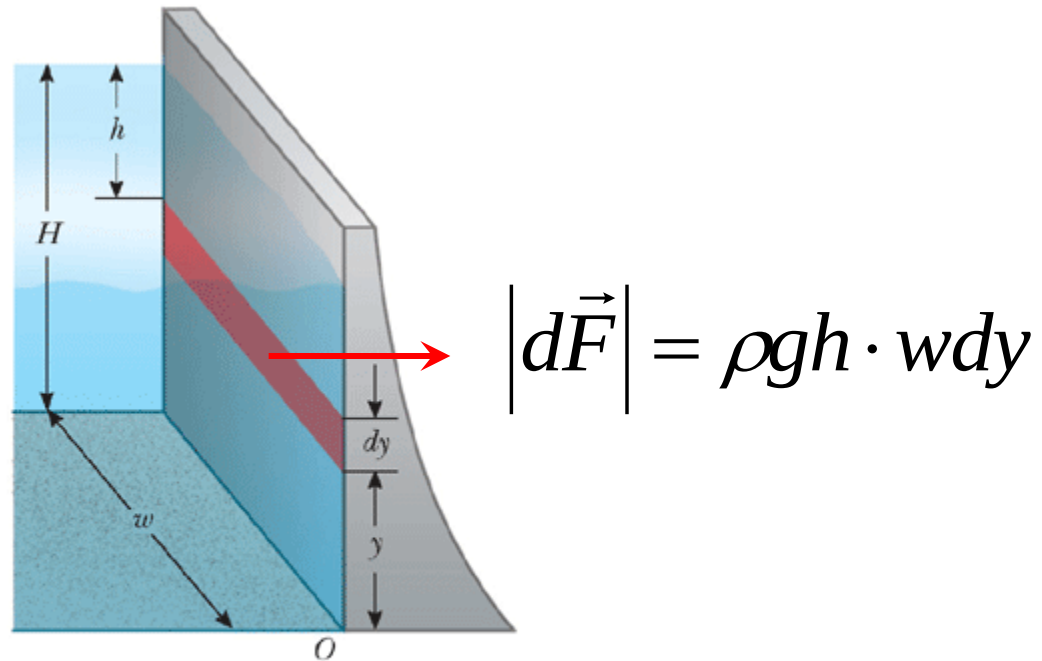
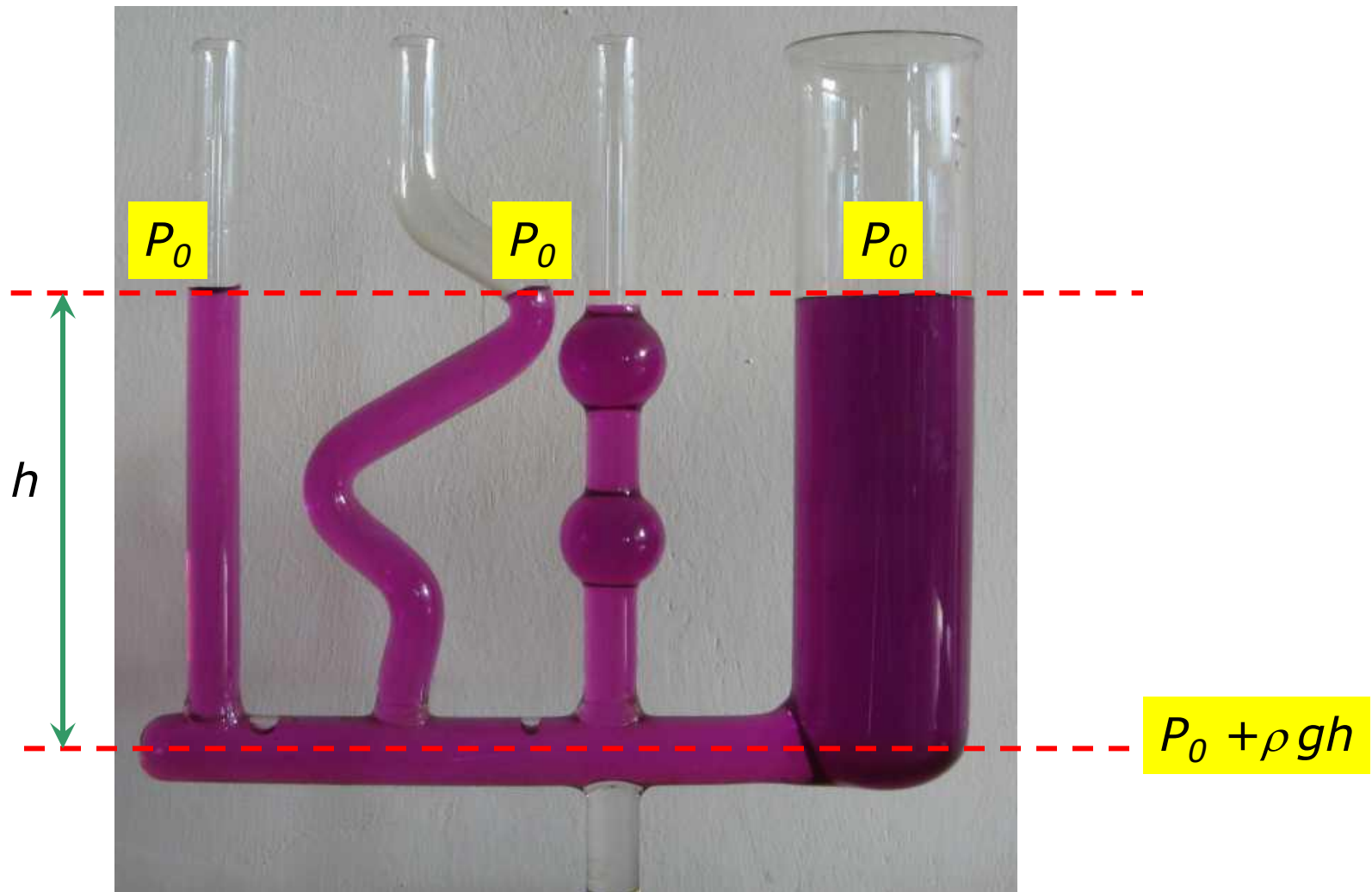


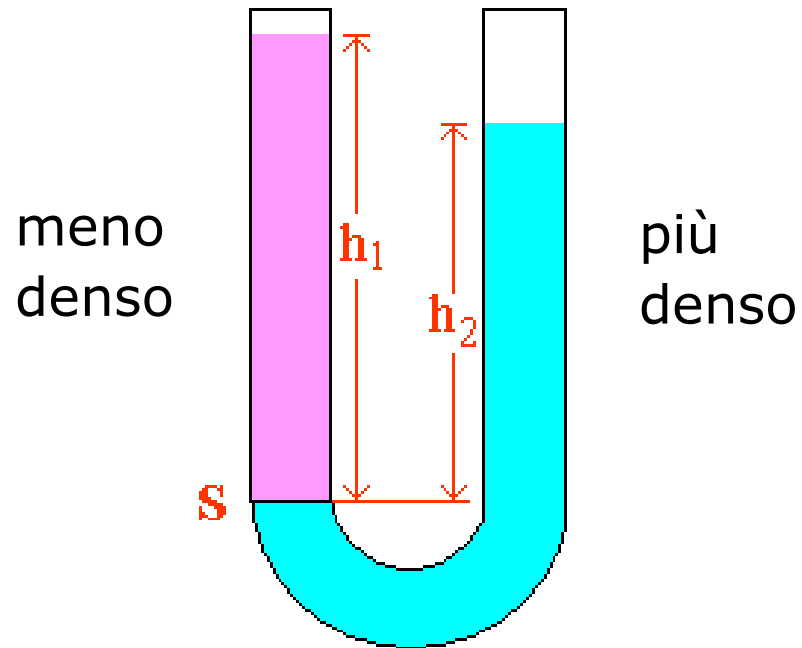
FIGURA 15.6

(Esempio 15.2) La forza totale agente su una diga deve essere ottenuta dall'espressione $F = \int P dA$, ove dA è l'area della striscia scura.

$$|\vec{F}| = \rho g w \int_0^H y dy = \frac{1}{2} \rho g w H^2$$

Vasi comunicanti





$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

Liquidi diversi non miscibili

La leva idraulica

Sfrutta il fatto che
uguaglianza di pressione
 $\neq$ uguaglianza di forze

$$P = \frac{|F_1|}{A_1} = \frac{|F_2|}{A_2}$$

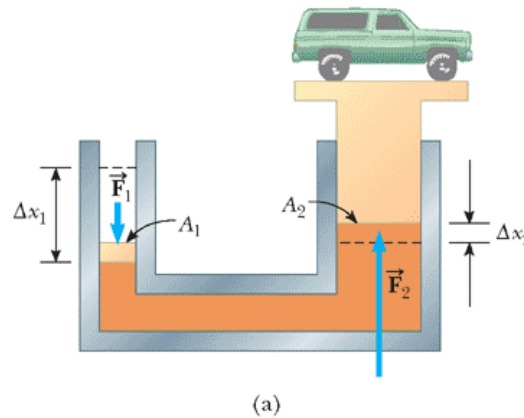


FIGURA 15.5

(a) Schema di una leva idraulica. Poiché l'aumento della pressione è lo stesso sia a destra che a sinistra, una piccola forza $\vec{F}_1$ a sinistra produce una forza $\vec{F}_2$ molto più grande a destra. (b) Un veicolo in riparazione viene sostenuto da un elevatore idraulico in una officina.

Il principio di Archimede

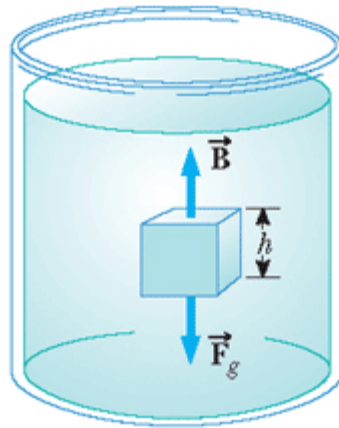


FIGURA 15.8 Le forze esterne agenti sul cubo d'acqua sono la forza di gravità $\vec{F}_g$ e la spinta $\vec{B}$. In condizioni di equilibrio, $B = F_g$.



$$F_A = Mg = \rho_{\text{fluido}} Vg$$



La forma del volume V non ha importanza

La forza non cambia se il posto del fluido viene
sostituito un corpo che ha lo stesso volume

$$F_A = \rho_{\text{fluido}} V g$$

*peso del fluido
spostato*

Principio di Archimede

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

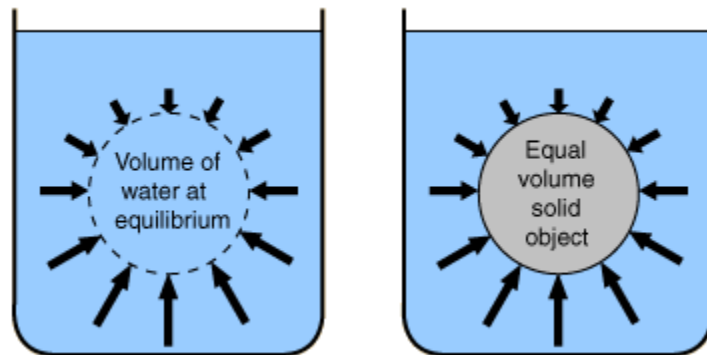
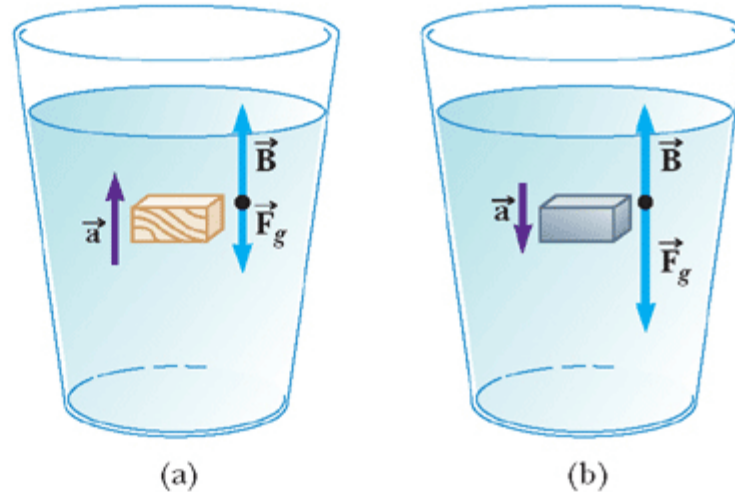


FIGURA 15.9

((a) Un corpo completamente immerso, con una densità minore di quella del fluido, subirà una forza risultante diretta verso l'alto. (b) Un corpo completamente immerso, con una densità maggiore di quella del fluido, affonderà.



Serway, Jewett
Principi di Fisica, IV Ed.
EdiSES

$$ma = \rho_{\text{fluido}} Vg - mg = (\rho_{\text{fluido}} - \rho)Vg$$

$$a > 0 \Leftrightarrow \rho_{\text{fluido}} > \rho$$

$$a < 0 \Leftrightarrow \rho_{\text{fluido}} < \rho$$

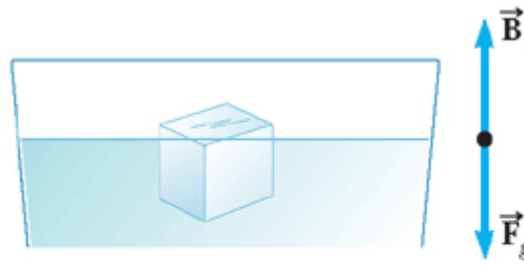
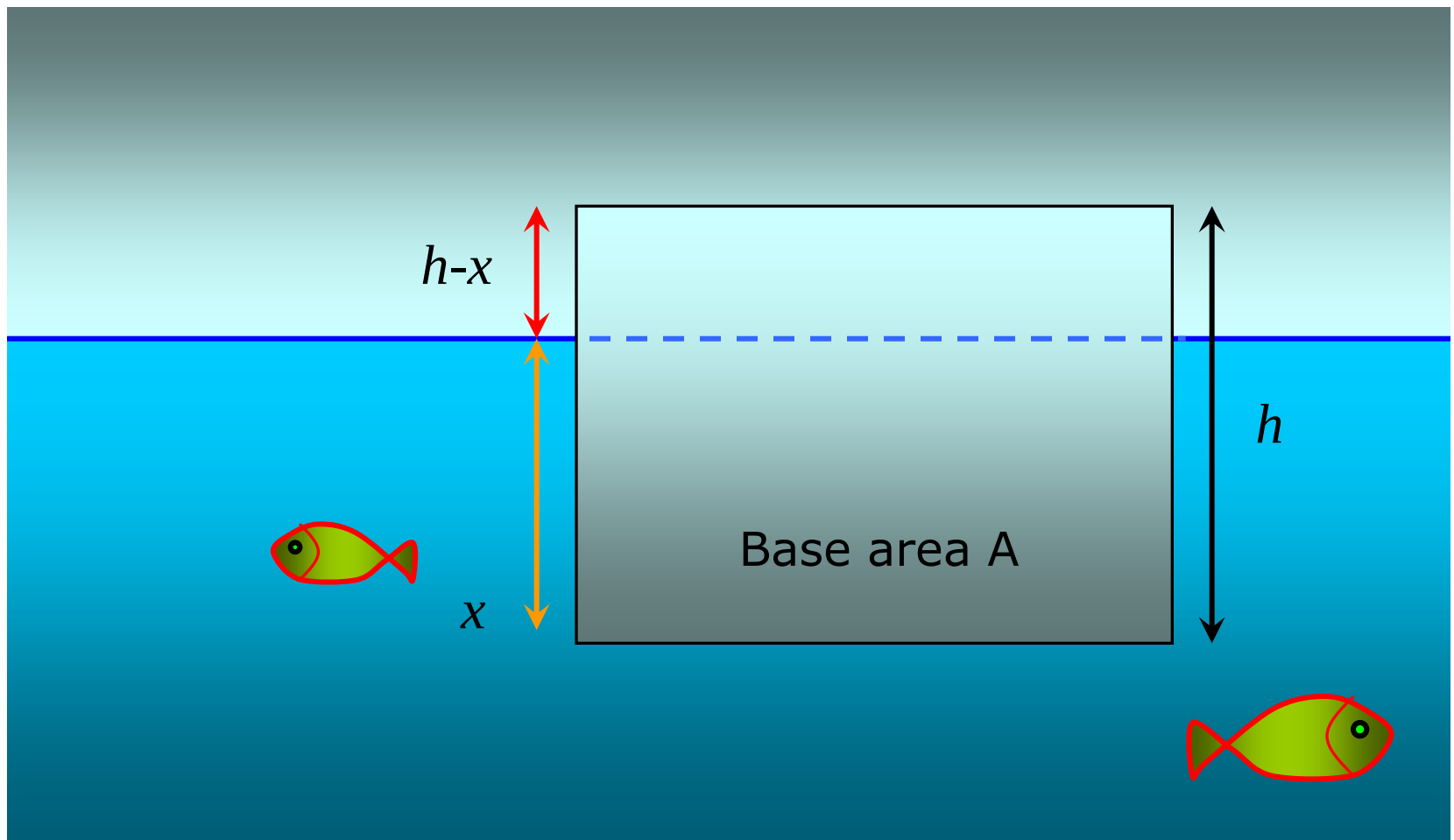


FIGURA 15.10 Un oggetto che galleggia sulla superficie di un fluido è soggetto a due forze: la forza gravitazionale $\vec{F}_g$ la spinta di Archimede $\vec{B}$. Poiché l'oggetto galleggia in equilibrio, $B = F_g$.

$$\rho_{\text{fluido}} V_{\text{immerso}} g = \rho V g \qquad \frac{V_{\text{immerso}}}{V} = \frac{\rho}{\rho_{\text{fluido}}}$$

Iceberg: ghiaccio/acqua di mare

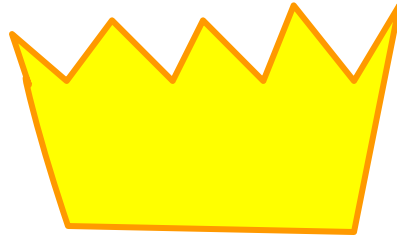
$$\frac{V_{\text{immerso}}}{V} = \frac{917 \text{ kg/m}^3}{1030 \text{ kg/m}^3} = 0,890$$



All'equilibrio $\rho_{\text{fluido}} V_{\text{immerso}} = \rho V$

$$\rho_{\text{fluido}} Ax = \rho Ah \quad \Rightarrow \quad x = h \frac{\rho}{\rho_{\text{fluido}}}$$

La corona di Gerone di Siracusa

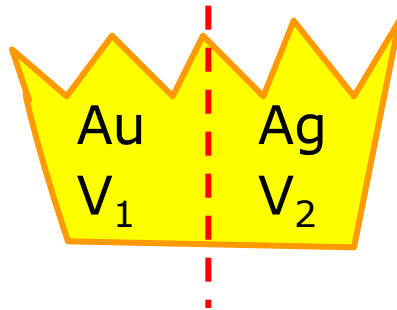


Gerone → orefice $M=7,000 \text{ kg Au}$ $\rho_{\text{Au}} = 19300 \text{ kg/m}^3$

Archimede pesa corona in aria: $7,000 \text{ kg}$ $7 = \rho^* V$

e in acqua: $6,500 \text{ kg}$ $6,5 = (\rho^* - \rho_{\text{H}_2\text{O}}) V$

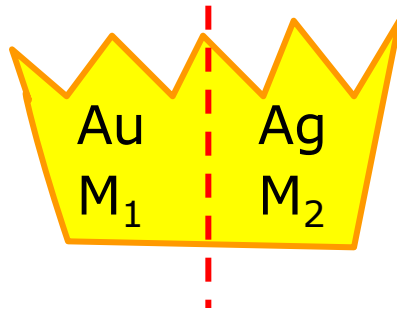
$$\frac{6,5}{7} = 1 - \frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}{\rho^*} \quad \rho^* = 14 \rho_{\text{H}_2\text{O}} = 14000 \text{ kg/m}^3$$



$$\rho^* = \frac{\rho_{\text{Au}} V_1 + \rho_{\text{Ag}} V_2}{V_1 + V_2} \quad x = \frac{V_1}{V_1 + V_2}$$

$$\rho^* = \rho_{\text{Au}} x + \rho_{\text{Ag}} (1 - x)$$

$$x = \frac{\rho^* - \rho_{\text{Ag}}}{\rho_{\text{Au}} - \rho_{\text{Ag}}} = \frac{14 - 10,5}{19,3 - 10,5} \approx 0,40$$

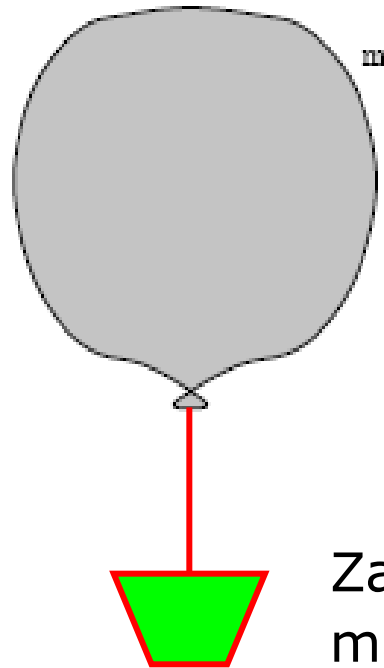


$$\frac{M_{\text{Au}}}{M} = \frac{\rho_{\text{Au}} V_1}{\rho^* (V_1 + V_2)} = \frac{\rho_{\text{Au}}}{\rho^*} x = 1,38 \cdot 0,4 \approx 0,55$$

$$m_{\text{Au}} = 7,00 - 3,86 = 3,14 \text{ kg} \quad \text{sostituiti con argento}$$

Pallone aerostatico

Involucro:
massa m
volume V



ρ_{fluido}

spinta
Archimede

ρ_{gas}

peso del
pallone

Zavorra:
massa M

$$F_A = \rho_{\text{fluido}} V g$$

$$m_{\text{tot}} = \rho_{\text{gas}} V + m + M$$

$$F_{\text{Peso}} = -m_{\text{tot}} g$$

$$m_{\text{tot}} a = \rho_{\text{fluido}} V g - m_{\text{tot}} g$$