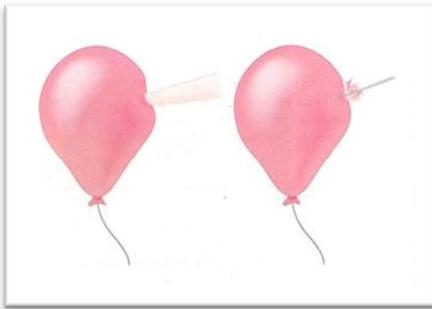


La meccanica dei fluidi

La meccanica dei fluidi studia il comportamento dei fluidi, cioè dei liquidi e dei gas, sostanze che non si trovano nella fase solida e quindi sono sfuggenti, “sgusciano” dappertutto e hanno bisogno di un contenitore per essere maneggiate. I liquidi formano una superficie libera e prendono la forma del recipiente che li contiene, mentre i gas si espandono riempiendo tutto lo spazio a loro disposizione.

Il nome *fluido* è una parola di origine latina che richiama lo scorrere dell'acqua.

Come possiamo comprimere dell'acqua o dell'aria? L'acqua e i liquidi in genere sono pochissimo comprimibili, a meno di non esercitare forze enormi; l'aria e i gas invece si comprimono facilmente. Come si esercitano queste forze? Prendiamo una siringa: possiamo esercitare una forza sull'aria contenuta spingendo sullo stantuffo. Quindi per agire sui fluidi abbiamo bisogno di distribuire la forza su di una superficie. Si dice allora che la forza esercita una *pressione*, cioè il suo effetto si distribuisce sulla superficie e dipende da essa.



Per esempio se prendiamo un palloncino pieno d'aria e proviamo a spingere un dito con forza, malgrado i nostri sforzi, il palloncino si deforma ma non si rompe. Se però prendiamo uno spillo e lo spingiamo con la stessa forza, il palloncino scoppierà immediatamente. Cos'è cambiato? La forza totale era la stessa! È cambiato il fatto che, nel caso dello spillo, la forza si concentra sulla sua punta, che è più piccola del nostro dito. Quindi il pezzettino di superficie premuto dallo spillo è stato sottoposto a una pressione maggiore rispetto a quando era premuto dal dito.

Come definiamo allora la pressione? La pressione è il rapporto tra l'intensità della forza e la superficie su cui si distribuisce.

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

Se la forza non è perpendicolare alla superficie, la pressione è data dalla sua componente normale diviso la superficie stessa.

L'unità di misura della pressione nel S.I. è il *pascal* $1 Pa = 1 \frac{N}{m^2}$

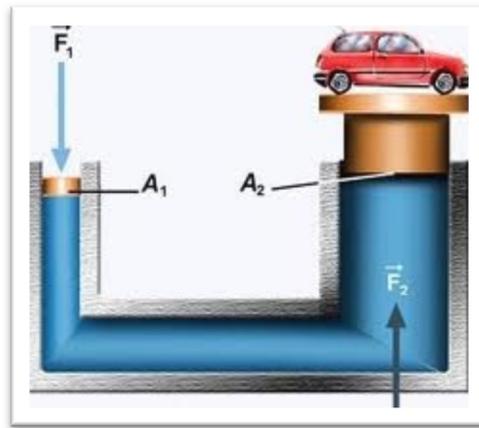
Questa unità di misura è molto piccola perché rappresenta una piccola forza di 1N, equivalente al peso di un oggetto di circa 100g, distribuita su di una superficie di 1m².

Torniamo alla nostra siringa e spingiamo lo stantuffo. La pressione esercitata sulla superficie dello stantuffo si trasmette a tutta l'aria all'interno del cilindro, che a sua volta esercita la stessa pressione sulle pareti interne della siringa. Questo è il fenomeno che accade tutte le mattine quando schiacciamo il tubetto di dentifricio!

Principio di Pascal: La pressione esercitata in un punto qualunque di un fluido, si trasmette inalterata su tutti i punti del fluido.

Un interessante dispositivo basato sul principio di Pascal è il torchio idraulico, una macchina che consente di equilibrare una forza molto intensa applicandone una piccola. In questo modo è possibile sollevare un'automobile con un minimo sforzo!

Il torchio idraulico è composto da due recipienti cilindrici, tra loro comunicanti, di sezione diversa. I due cilindri possono contenere un liquido (acqua, olio, etc...) che in condizioni di equilibrio raggiunge lo stesso livello, per il principio dei vasi comunicanti. Sulla superficie libera del liquido sono posti due stantuffi aventi sezione A_1 ed A_2 . Se sullo stantuffo di sezione minore si esercita una forza costante F_1 (*forza motrice*), si trasmette al liquido una pressione $P = \frac{F_1}{A_1}$ che, per la legge di



Pascal, si propaga egualmente in tutti i punti del liquido e quindi anche sullo stantuffo di sezione A_2 . Esso, quindi, tende a salire esercitando verso l'alto una forza F_2 (*forza resistente*) tale che $P = \frac{F_2}{A_2}$. Quindi

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

cioè le due forze sono proporzionali alle superfici dei rispettivi stantuffi.

Il torchio è quindi una macchina molto vantaggiosa, per es. se A_1 è di 10cm^2 , A_2 di 100cm^2 e P_1 di 10 Kg, si avrà il sollevamento di un peso P_2 di 100 Kg!

Il torchio idraulico, da un punto di vista del lavoro, in assenza di resistenze passive, non si può considerare né svantaggioso né vantaggioso. Infatti se la forza F_1 abbassa il pistone di un tratto H_1 , dall'altro lato esso si alza del tratto H_2 , tale che $A_1H_1 = A_2H_2$, poiché il volume di liquido spostato deve essere uguale. Di conseguenza $H_2 < H_1$. Si verifica facilmente che il lavoro compiuto dalla forza motrice è uguale in valore assoluto a quello compiuto dalla forza resistente, quindi non si ottiene alcun guadagno, ma neanche alcuna perdita.

Tutti noi viviamo immersi in un fluido, qual è? L'aria che ci circonda! Siamo a tal punto abituati alla presenza dell'aria, da dimenticarci che esiste. L'aria che ci circonda e che circonda tutta la Terra prende il nome di *atmosfera terrestre*, ed anch'essa ha un suo peso. Noi non riusciamo a sentire il peso dell'aria, ma l'aria preme sempre sul nostro corpo e sul nostro pianeta esercitando una pressione detta *pressione atmosferica*. Quanto pensate che valga la pressione atmosferica?

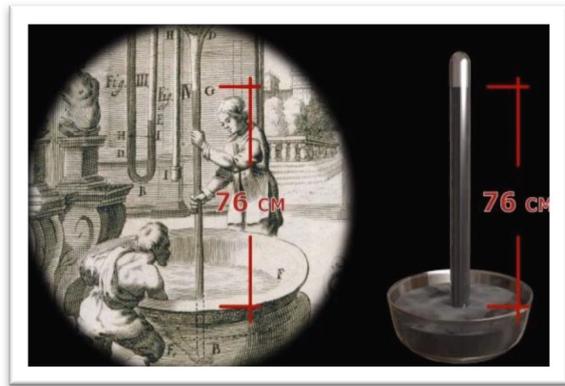
Senza l'aria non potremmo sentire né odori né suoni!

Per avere un'idea del valore della pressione atmosferica, possiamo prendere un bicchiere e operare nel modo seguente:

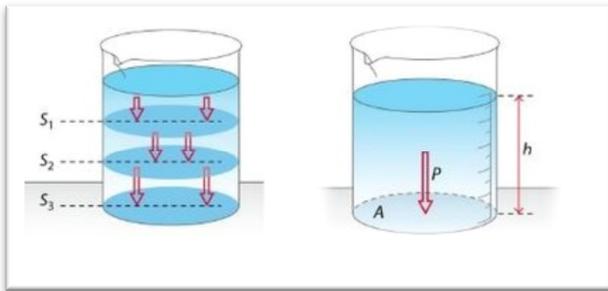
1. Riempire il bicchiere d'acqua fino a farlo traboccare.
2. Appoggiare sul bicchiere un foglio di plastica liscio o un cartoncino che lo chiuda.
3. Capovolgere il bicchiere chiuso, facendo attenzione a non immettere aria.
4. Togliere delicatamente la mano.

Se le operazioni sono state eseguite correttamente, si potrà notare che l'acqua rimane nel bicchiere capovolto senza scendere, perché *la pressione atmosferica è maggiore di quella dell'acqua contenuta nel bicchiere*. In effetti con l'acqua non è possibile misurare in laboratorio la pressione atmosferica: per eguagliarla ci vorrebbe una colonna d'acqua alta più di 10 metri!

La pressione atmosferica si può misurare utilizzando un liquido molto più denso dell'acqua, come il *mercurio*. Questo fece Torricelli nel suo famoso esperimento dell'argento vivo, che fu realizzato nel 1644 a Firenze. Torricelli riempì di mercurio un tubo di vetro aperto ad un'estremità, poi tenendo serrata con un dito l'estremità aperta, rovesciò il tubo in una bacinella contenente mercurio. Osservò allora che la colonna di mercurio scendeva solo parzialmente, fermandosi all'altezza di circa 76cm. Torricelli si convinse che, lo spazio lasciato libero dalla discesa del mercurio nel tubo, fosse "vuoto" e che il sostentamento della colonna di mercurio dipendesse dalla pressione che l'aria esercitava sul mercurio nella bacinella. Possiamo quindi affermare che la pressione atmosferica di una colonna di mercurio alta 760mm è uguale alla pressione atmosferica al livello del mare. Quale sarà il suo valore in pascal? Vediamo come si calcola.



Torricelli si convinse che, lo spazio lasciato libero dalla discesa del mercurio nel tubo, fosse "vuoto" e che il sostentamento della colonna di mercurio dipendesse dalla pressione che l'aria esercitava sul mercurio nella bacinella. Possiamo quindi affermare che la pressione atmosferica di una colonna di mercurio alta 760mm è uguale alla pressione atmosferica al livello del mare. Quale sarà il suo valore in pascal? Vediamo come si calcola.



Se prendiamo un recipiente pieno di un liquido, come varia la pressione all'interno di esso? Man mano che si scende più in profondità, alla pressione che l'atmosfera esercita sul pelo dell'acqua, si va ad aggiungere la pressione dovuta al peso dell'acqua sovrastante. Di conseguenza la pressione aumenta con la profondità.

Per verificare questo concetto sperimentalmente prendiamo una bottiglia di plastica e facciamo dei fori ad altezze diverse. Potremo quindi osservare che il getto dell'acqua dai fori non ha la stessa intensità: sarà piuttosto debole per i fori posti più in alto e viceversa più intenso per quelli posti più in basso.

Tornando al nostro recipiente, quale sarà la pressione esercitata dal liquido sul fondo? La forza peso può essere espressa come prodotto della massa m del liquido per il campo gravitazionale g

$$F_p = m \cdot g$$

La massa, a sua volta, è data dal prodotto della densità δ del liquido per il suo volume V , prodotto dell'area di base A per l'altezza del liquido h

$$m = \delta \cdot V = \delta \cdot A \cdot h$$

Concludendo la pressione esercitata dal liquido sul fondo, rapporto tra la forza peso del liquido e l'area di base, è

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\delta \cdot A \cdot h \cdot g}{A} = \delta \cdot h \cdot g$$

Principio di Stevino: La pressione di una colonna di liquido è proporzionale all'altezza della colonna, alla densità del liquido e all'accelerazione gravitazionale. Essa non dipende dalla superficie di base.

A questo punto possiamo calcolare il valore della pressione atmosferica

$$P = \delta \cdot h \cdot g = 13.595 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,76 \text{ m} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ atm}$$

Normalmente noi non percepiamo la pressione dell'aria perché il nostro corpo la bilancia dall'interno con una pressione uguale e contraria. Ma se andassimo senza attrezzature speciali sulla Luna, dove non c'è aria e quindi non c'è pressione atmosferica, non solo moriremmo perché totalmente privi di aria, ma esploderemmo perché la nostra pressione interna non verrebbe bilanciata dalla pressione esterna.



Come ciascuno di noi avrà notato, al mare, con uno sforzo minimo, si può sostenere una persona immersa nell'acqua mentre, se la persona a mano a mano emerge, la fatica aumenta progressivamente. Quindi, quando un corpo è immerso in un liquido sembra che diventi più leggero, cioè si nota un'apparente diminuzione del suo peso. Ma poiché il peso di un corpo non può variare, dobbiamo concludere che un corpo immerso in un liquido riceve una spinta diretta dal basso verso l'alto.

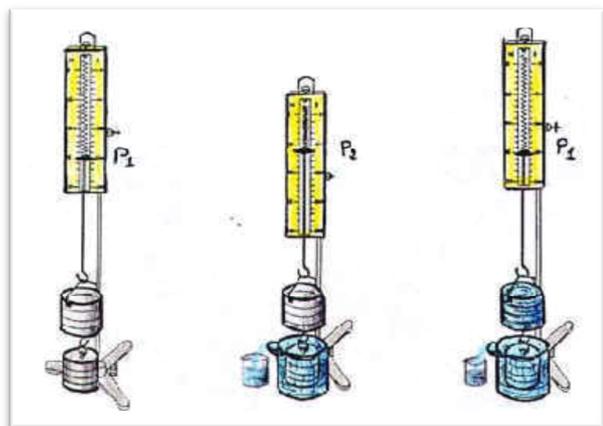
Per il principio di Stevino, quando un corpo viene immerso in un fluido, la pressione che il fluido esercita sul corpo è maggiore in profondità piuttosto che in superficie. La spinta verso l'alto è da attribuirsi proprio a questa differenza di pressione.

Principio di Archimede: *Un corpo immerso parzialmente o completamente in un fluido riceve una spinta verso l'alto uguale al peso del fluido spostato.*

Possiamo verificare questa legge utilizzando un dinamometro, un cilindro cavo e uno pieno, tali che quello pieno entri perfettamente in quello cavo. Agganciamo al dinamometro i cilindri cavo e pieno uniti tra loro, come in figura, poi operiamo nel modo seguente:

1. Misuriamo con il dinamometro il peso P_1 dei due cilindri insieme.
2. Immergiamo il cilindro pieno in un contenitore colmo d'acqua.
3. Misuriamo il peso P_2 , che sarà minore del precedente P_1
4. Riempiamo il cilindro cavo di acqua.
5. Misuriamo ancora il peso e verifichiamo che è uguale a P_1 .

Cosa è successo? Quando abbiamo immerso il cilindro pieno nell'acqua, il peso del sistema è diminuito a causa della spinta verso l'alto. Riempendo il cilindro cavo di acqua, invece il peso è tornato quello iniziale. Ciò significa che la spinta verso l'alto è proprio uguale al peso dell'acqua nel cilindro cavo. Ma poiché il volume di quest'acqua è pari a quello del cilindro pieno, il suo peso coincide proprio con il peso del volume dell'acqua spostata.



Archimede aveva proprio ragione!