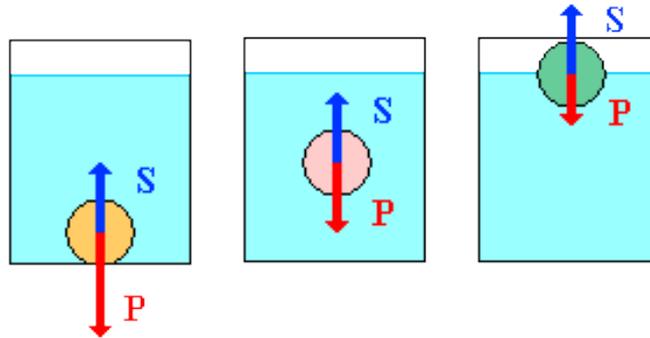


Il galleggiamento dei corpi

Archimede, secondo lo storico Vitruvio, avrebbe iniziato ad occuparsi di idrostatica perché il sovrano Gerone II gli aveva chiesto di determinare se una corona fosse stata realizzata in oro puro, oppure utilizzando altri metalli. I risultati dei suoi studi sono raccolti nel primo libro dell'opera "Sui corpi galleggianti" e possono essere riassunti in tre proposizioni, delle quali Archimede fornisce la dimostrazione:



mf **Proposizione n. 3:** Delle grandezze solide, quelle che hanno lo stesso peso del liquido, lasciate a se stesse nel liquido si immergeranno in modo da non oltrepassare in nessuna parte la superficie del liquido, e non discenderanno verso la parte più bassa;

Oggi diremmo così: I corpi solidi che hanno un peso specifico medio uguale a quello del liquido in cui sono rilasciati vengono completamente sommersi da questo senza andare a fondo (figura al centro).

mf **Proposizioni 4 e 5 e 6:** Delle grandezze solide, quella che è più leggera del liquido, abbandonata nel liquido, non si immerge tutta, ma una parte di essa sarà fuori della superficie del liquido. Essa si immerge in modo che un tale volume del liquido quale è quella della parte immersa, abbia lo stesso peso dell'intera grandezza solida. Se invece è introdotta a forza nel liquido viene rinvitata verso l'alto con una forza tale quale è la differenza di cui il peso del liquido che ha lo stesso volume della grandezza supera il peso della grandezza.

Con un linguaggio più moderno: i corpi solidi che hanno un peso specifico medio minore di quello del liquido in cui vengono immersi non risulteranno completamente immersi, ma una parte di essi rimarrà fuori dal liquido, e la parte immersa ha un volume tale che il volume di liquido spostato ha un peso uguale a quello del corpo. Se invece essi vengono spinti a forza nel liquido, ricevono da questo una spinta verso l'alto di intensità uguale alla differenza tra il peso del liquido spostato ed il peso del corpo (figura a destra).

mf **Proposizione 7:** Le grandezze più pesanti del liquido, abbandonate nel liquido, sono trasportate in basso, fino al fondo, e saranno tanto più leggere nel liquido, quanto è il peso del liquido avente tale volume quanto è il volume della grandezza solida.

Oggi diciamo: i corpi solidi che hanno un peso specifico medio superiore a quello del liquido in cui vengono immersi andranno a fondo, ma si comporteranno come se fossero più leggeri di una quantità pari al peso del liquido spostato.

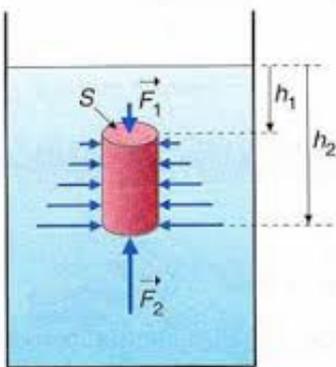
Archimede utilizza una terminologia diversa da quella in uso ai nostri giorni; invece di mettere a confronto i pesi specifici del corpo immerso e del liquido mette a confronto i loro pesi,

sottintendendo però, come si fa di solito, che il confronto è fatto a parità di volume considerato (spesso usiamo, impropriamente, espressioni del tipo “l’acqua è *più leggera* del ferro”).

Le dimostrazioni date da Archimede si basano implicitamente sulla legge formulata da Stevino (vissuto 19 secoli dopo!), che afferma che la pressione esercitata da un liquido in un punto al suo interno dipende unicamente dal peso della colonna di liquido sovrastante, e che ha conseguenze notevoli, come il principio dei vasi comunicanti e l’orizzontalità della superficie degli specchi d’acqua: un corpo posto in un liquido affonda fino a quando non sposta tanto liquido quanto è il proprio peso, in modo che la pressione negli strati di liquido sotto al corpo a una certa profondità sia la stessa che si avrebbe se il corpo non vi fosse. Se così non fosse, il liquido non sarebbe in equilibrio.

E’ importante notare che il galleggiamento dipende non solo dal peso e dalla forma dell’oggetto immerso nel liquido, ma anche dal peso specifico del liquido. Si ha così che l’uovo delle sorprese Kinder zavorrato rimane a galla in acqua (densità 1,0 g/cm³), affonda nell’alcol denaturato (densità 0,81 g/cm³) e rimane sospeso a mezz’acqua se si aggiunge la giusta quantità d’alcol all’acqua.

Nell’*exhibit* che abbiamo preparato un cilindro di PVC, appeso ad una bilancia a molla che ne indica la massa, viene immerso nell’acqua contenuta in un vaso “a troppo pieno” completamente riempito, provvisto cioè di un beccuccio di uscita per raccogliere l’acqua spostata dal corpo mano a mano che viene immerso. L’acqua uscita dal vaso giunge sul piatto di una bilancia a quadrante: è facile riconoscere che la quantità d’acqua raccolta ha un peso uguale alla diminuzione del peso apparente del cilindro di PVC.



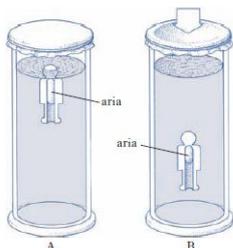
Sullo stesso supporto dell’*exhibit* è presente anche una sonda manometrica, che evidenzia l’aumento di pressione all’interno del liquido all’aumentare della profondità di immersione. La spinta idrostatica che il liquido esercita sul corpo immerso è proprio dovuta alla differenza tra la forza F_2 esercitata dalla pressione del liquido alla profondità h_2 e la forza F_1 dovuta alla pressione sulla faccia superiore del corpo. Per la legge di Stevino:

$$F_2 = \text{peso specifico del liquido} \times S \times h_2$$

$$F_1 = \text{peso specifico del liquido} \times S \times h_1 \quad (0, \text{ se la parte superiore non è immersa})$$

Spinta idrostatica = $F_2 - F_1 = \text{peso specifico del liquido} \times S \times (h_2 - h_1) = \text{peso del liquido spostato}$.

I sommergibili regolano la profondità di immersione “imbarcando” o espellendo acqua in camere stagne provviste di pompe per l’evacuazione di questa: in questo modo cambia il volume dell’acqua spostata e di conseguenza il suo peso e, con questo, il valore della spinta idrostatica.



Questo procedimento è ben illustrato dal “Diavoleto di Cartesio”, che a comando si immerge o fuoriesce dall’acqua contenuta in un recipiente chiuso. Il diavoleto è un corpo cavo opportunamente zavorrato per rimanere a pelo d’acqua; un aumento della pressione nel recipiente fa penetrare un po’ d’acqua nel “diavoleto” che a causa della diminuzione

della spinta idrostatica non può far altro che affondare, almeno finché la pressione non torna a essere quella iniziale.