**PROBLEMI CON STEVINO**

Adesso vediamo di risolvere alcuni semplici problemi con la pressione idrostatica. Come equazioni abbiamo:

**p = F⊥/S (1)** , con **F⊥** la forza premente perpendicolarmente alla superficie e **S** l’area della superficie su cui preme la forza [[1]](#footnote-1)

**p(h) = p0 + δ·g·h = p0 + Ps⋅h (2)** , con **p(h)** la pressione alla profondità **h** , **p0** la pressione al punto “0” , **δ** la densità del liquido e **Ps** il peso specifico del liquido [[2]](#footnote-2)

L’eq. (1) descrive qual è la relazione fra pressione, forza premente e superficie di pressione; l’eq. (2) mostra la relazione fra pressione di un fluido e sua profondità (Teorema di Stevino).

ALCUNI VALORI UTILI

L’acqua , il fluido per antonomasia

L’acqua è il liquido più comune e più importante sulla Terra: la sua importanza dovrebbe essere ovvia a chiunque.

**densità acqua dolce** (**dACQUA\_DOLCE**) : dACQUA\_DOLCE = 1kg/dm3 = 1.000kg/m3

**peso specifico acqua dolce**: (**PsACQUA\_DOLCE**) : PsACQUA\_DOLCE = 9,8N/dm3 = 9.800N/m3

La densità e il peso specifico dell’acqua salata dipende dalla concentrazione di sale disciolto, maggiore è questa concentrazione maggiore è la densità. Per la concentrazione media dei mari aperti (35g/litro) essa risulta essere:

**densità acqua salata** (**dACQUA\_SALATA**) : dACQUA\_SALATA = 1,03kg/dm3 = 1.030kg/m3

**peso specifico acqua salata**: (**PsACQUA\_SALATA**) : PsACQUA\_SALATA = 10,1N/dm3 = 10.100N/m3

l’Atmosfera e la sua pressione

L’atmosfera è un miscuglio di gas, chiamato aria, avente la seguente composizione chimica media: azoto circa 78% ; ossigeno circa 21% ; argon circa 1%; anidride carbonica circa 0,03% ; altri gas < 1%. Questa miscela, trattenuta dalla forza di gravità, circonda la Terra; per quanto l’aria possa apparire rarefatta essa è fatta di materia e come tale possiede una propria massa e di conseguenza un proprio peso e perciò esercita una pressione sulla superficie della Terra.

Tale pressione fu misurata per la prima vota nel 1.644 da Torricelli, allievo di Galileo, e risultò essere circa 101.325N ogni m2 → l**’atmosfera esercita una pressione di 101.325N/m2** → **Patm = 101.325 Pa**. Tale valore può variare leggermente in base alle condizioni meteorologiche e alla umidità; in montagna la pressione atmosferica diminuisce con l’altezza a causa della minor colonna di materia sovrastante.

**PROBLEMI INTRODUTTIVI**

Problema1: Ti fai un bagno in un lago (acqua dolce) e ti immergi fino a 500cm di profondità; sopra la superficie la pressione dell’aria è 102.000Pa. Qual è la pressione dell’acqua che agisce sul tuo corpo quando ti sei immerso? I fluidi del tuo corpo possiedono una pressione interna uguale a quella atmosferica: qual è la forza che agisce complessivamente sul timpano del tuo orecchio (la superficie del timpano è circa 1cm2)? **[Pr\_acqua = 151.000Pa ; Pr\_fluidi = 102.000Pa ; FTOT = 4,9N]**

Se invece fossi sceso a 5m di profondità in un lago… d’olio (dOLIO=0,85kg/dm3 → PsOLIO=8,33N/dm3) come sarebbero cambiate le risposte? **[Pr\_acqua = 143.650Pa ; Pr\_fluidi = 102.000Pa ; FTOT = 4,165N]**

Un altro sommozzatore è con te a 5m di profondità, nel lago d’acqua dolce: egli possiede… un orecchio più grosso! La forza totale che agisce sul suo timpano è 5,3N. Qual è la superficie del suo timpano? **[**hint: calcola prima Pr\_acqua e, tenendo conto di Pr\_fluidi, calcola infine Pr\_tot. **Area = 1,08cm2]**

Problema2: Ti sei fatto un bagno in mare (acqua salata) e ti sei immerso fino ad una profondità H0 non nota: hai misurato che la pressione dell’acqua è 201.000Pa. Adesso risali di 2m: dopo che sei risalito, qual è la pressione dell’acqua? La pressione atmosferica in questo momento è Patm=102.000Pa -però, come vedrai, non hai bisogno di usare questo valore- **[Pr\_acqua = 180.800Pa]**.

Dal punto H0 punti le pinne in alto e scendi di 4m: a quale pressione dell’acqua arrivi? **[Pr\_acqua = 241.400Pa]**.

*Hint: per risolvere il Problema2 non hai bisogno di conoscere il valore di H0: infatti puoi prendere H0 come punto “O”.*

Nota che il Problema2 dovrebbe aver chiarito un punto essenziale nell’uso della formula di Stevino:

**posso calcolare la pressione p(h) scegliendo un’origine ”O” a piacere: come p0 devo prendere la pressione di “O”. Poi devo tracciare le altezze “h” partendo da “O” e considerare “h” positivo se scendo (la pressione cresce) e “h” negativo se salgo (la pressione decresce).**

Problema3: il sottomarino in esplorazione. Sei su un sottomarino a 200m di profondità nel mare. Sei arrivato a delle rovine sottomarine misteriose e decidi di far uscire un sub. Sei tu che hai progettato il portello di uscita: come lo fai aprire? Verso l’esterno, verso l’interno o lo fai scorrere lateralmente? **[io direi lateralmente… tu che ne pensi?]**. Per evitare ogni problema, prima di aprire il portello si allaga lo scomparto di uscita con l’acqua: quando lo scomparto di uscita è tutto allagato il portello… può essere aperto senza problemi in ogni direzione! Come mai? **[Pensaci…]**

Il portello non si apre! Bisogna aprire un portello secondario, che si apre solo verso l’esterno. Esso è di forma circolare ed ha un raggio di 80cm. Quanta forza è necessaria per aprirlo? (Tieni conto che la pressione dell’aria sul livello del mare è la stessa della pressione interna dentro il sottomarino: supponi sia 100.000Pa). Ce la fanno dieci uomini ad aprirlo se spingono tutti insieme? Scrivi i risultati con le potenze di 10. **[**hint: calcola prima Pr\_acqua e Pr\_int. **FTOT = 4.060.000N = 414.286kg di forza (4,06⋅106N = 4,143⋅105 kg di forza). Per l’altra risposta… pensaci!]**

Nota che il Problema 3 mostra fino a quali valori può arrivare la forza dell’acqua! I sottomarini devono essere costruiti con armature in grado di sopportare grandissime pressioni e anche così possono arrivare solo fino ad una certa profondità, oltre la quale la pressione dell’acqua sarebbe così forte da riuscire comunque a schiacciarli completamente (farli implodere).

Adesso affrontiamo un altro problema importante: la **RELAZIONE FRA PRESSIONE E PROFONDITA’**, cioè come cambia la profondità al cambiare della pressione.

Problema4: (**importante: studiatelo bene!**) In media, la pressione atmosferica è 101.325Pa; quanti metri d’acqua dolce sono necessari per dare una pressione uguale al valore atmosferico? **[h= 10,34m ≅ 10m]**

***Soluz:*** E’ evidente che la pressione dovuta al peso dell’acqua (e in generale al peso di ogni fluido) aumenta con la profondità secondo l’equazione: **pressione dovuta al peso = Ps⋅h** (il termine aggiuntivo p0 tiene conto della pressione sopra il pelo dell’acqua e non dipende dal peso dell’acqua, come spiegato negli appunti “TEOREMA DI STEVINO”). Sostituisco i valori:

**101.325 Pa = PsACQUA\_DOLCE⋅h = 9.800N/m3⋅h** → **h = 101.325Pa/(9.800N/m3) = 10,34m ≅ 10m**

In altre parole: dopo circa 10m di profondità la pressione è aumentata di 101.325Pa; più in generale, è immediato verificare che ogni 10m di profondità la pressione del peso dell’acqua aumenta di circa 101.325Pa.

Cioè: **la pressione dell’acqua aumenta ogni 10,34m di profondità di un valore uguale a quello dell’atmosfera.**

Cosa cambia se invece dell’acqua avessi mercurio (Hg)?

***Soluz:*** cambia il valore del peso specifico:

**PsHg = 133.210 N/m3** → **h = 101.325Pa/(133.210N/m3) = 0,760m = 760mm**

Cioè: **la pressione del mercurio aumenta di 1 atmosfera ogni 760mm di altezza** [[3]](#footnote-3)



Problema5:Una condotta deve portare l’acqua su per un edificio. Al pianterreno l’acqua (dolce) arriva con una pressione interna al tubo di 550.000 Pa: via via che l’acqua è spinta in alto perde di pressione. A quale altezza la pressione interna dell’acqua raggiunge il valore di 300.000 Pa? **[h = 25,5m]**. Come cambierebbe la risposta se invece di acqua dolce dentro il tubo ci fosse acqua salata? **[h = 24,8m]**. E se invece ci fosse mercurio? **[h = 1,88m]**

Affinché l’acqua possa uscire liberamente da un rubinetto, la **pressione totale** (cioè: la pressione che spinge fuori l’acqua) deve essere di almeno 150.000 Pa: tenendo conto che la pressione esterna dell’aria è 105.000Pa, quale deve essere la pressione interna dell’acqua affinché la pressione totale sia 150.000 Pa? **[Pr\_acqua = 255.000Pa]**. Qual è l’altezza massima a cui posso mettere un rubinetto affinché l’acqua possa uscire liberamente? **[h = 30,1m]**

Problema6: Misuri che in una condotta la pressione interna al tubo dell’acqua (dolce) ha il valore di 420.000Pa ad un’altezza di 15,0m dal suolo. Qual è la pressione interna dell’acqua al livello del suolo? **[Pr\_acqua = 567.000 Pa]** Fuori, la pressione dell’aria è 105.000 Pa: a quale altezza dal suolo la pressione interna dell’acqua è uguale a quella atmosferica? **[h = 32,14m+15m = 47,1m]**. Cosa accade se una persona dovesse aprire un rubinetto ad un’altezza di 50m? **[pensaci…]**

Una persona pone un rubinetto di diametro di 2,50cm ad un’altezza di 21,0 m dal suolo: tenendo sempre conto che fuori la pressione atmosferica è 105.000 Pa, calcola la forza con cui l’acqua esce dal rubinetto. **[Ftot = 125,7 N]**

**1 ATMOSFERA , 1 BAR , 10 METRI , 760 mmHg**

Il **Pascal** è un’unità di pressione molto piccola: tutte le pressioni con cui avrete a che fare saranno di almeno qualche centinaio di migliaia di Pascal. Perciò, per comodità, sono state introdotte in campo tecnico delle unità di misura più grandi del Pascal.

L’**atmosfera** è una unità di misura molto utilizzata, in quanto esprime la pressione in rapporto a quella atmosferica. In breve: **1atmosfera=101.325Pa**. Perciò dichiarare: “la pressione di questa pompa è di 2,3atm” significa che la pompa ha una pressione di 2,3⋅101.325Pa = 233.047,5Pa; all’inverso, se uno dichiara “la pressione del condotto è 320.000 Pa” significa che la pressione è 320.000/101.325 = 3,16 atmosfere.

Il **bar** è una seconda unità di misura utilizzata al posto del Pascal: **1bar =100.000 Pa ≅ 1atm**. Le pressioni delle gomme dell’auto sono misurate in bar, come potete verificare facilmente.

Una terza unità di misura molto comoda è il **metro d’acqua**. Abbiamo già visto nel Problema4 che **per ogni 10,34m di profondità in acqua dolce la pressione aumenta di 101.325Pa = 1atmosfera**. Perciò posso esprimere la pressione in unità metriche, con l’equivalenza: **10,34m di acqua = 1atm = 101.325Pa** →

**1metro d’acqua = 1/10,34 atm = 9.800 Pa**

Infine, una quarta unità di misura molto usata soprattutto in chimica e in biologia è il **millimetro di mercurio** (mmHg o Torricelli, Torr), che corrisponde alla pressione di una colonna di mercurio spessa 1mm. Poiché abbiamo visto nel Problema4 che **760mm di mercurio uguagliano 1atm**=101.325Pa si ha:

**1mmHg = 1/760 atm = 133,3 Pa**

Poiché in campo tecnico non è indispensabile avere precisioni oltre qualche *per cento* (almeno nel caso delle pressioni), è possibile semplificare tutte queste conversioni in uno schema approssimato ma facilmente memorizzabile e di facile utilizzo approssimando 1atm ≅ 100.000 Pa e 10,34m ≅ 10m:

**100.000 Pa = 1 bar = 1atm = 10m d’acqua = 760mmHg**

1. Negli appunti “LA PRESSIONE ED I SUOI EFFETTI” [↑](#footnote-ref-1)
2. Negli appunti “TEOREMA DI STEVINO” [↑](#footnote-ref-2)
3. Per ovvi motivi, per quanto riguarda il mercurio non si parla di “profondità” ma di “altezza”. [↑](#footnote-ref-3)