

## TEMA 1: UN SOTTOMARINO IN BOTTIGLIA

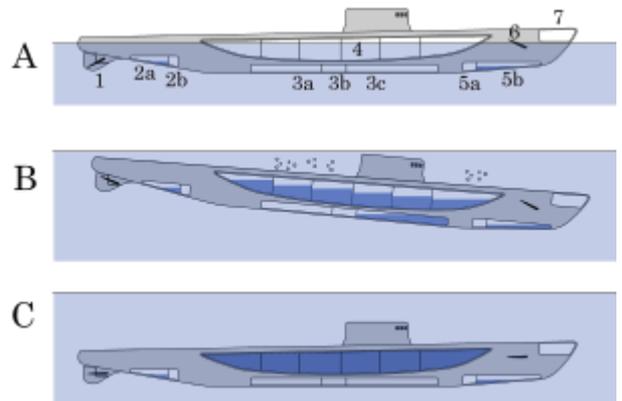
### COME FUNZIONA UN SOMMERGIBILE?

Ogni oggetto immerso in un liquido è sottoposto a due forze che agiscono in direzione opposta:

- la forza di gravità (o forza peso del sommergibile), diretta verticalmente dall'alto verso il basso;
- la spinta di Archimede, diretta verticalmente dal basso verso l'alto e di intensità pari al peso del volume del liquido spostato (nel caso del sommergibile, acqua marina).

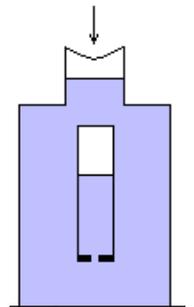
Per far immergere un sommergibile si deve quindi aumentarne il peso cosicché esso superi in intensità la spinta verso l'alto dovuta al suo volume. Questo si ottiene immettendo acqua marina in appositi compartimenti allagabili ("casse", vedi fig. A,B,C).

per far riemergere il battello basta espellere l'acqua da una delle casse (la cassa emersione) immettendovi aria compressa, prelevata da apposite bombole. L'alleggerimento, dovuto alla sostituzione della zavorra d'acqua nella cassa con aria, consente al sommergibile di portarsi in "affioramento" così è possibile aspirare aria dall'atmosfera e pomparla dentro alle casse ancora allagate, diminuendo ulteriormente il peso del sommergibile e portandolo così completamente in superficie.



Il nostro sottomarino sarà una provetta di vetro, parzialmente riempita d'acqua, introdotta rovesciata in una bottiglia di plastica piena d'acqua (v. fig. ...). Dovrai indagare sul comportamento della provetta al variare dell'aria presente in essa, indicata anche come bolla d'aria. In particolare, dovrai rispondere alle seguenti domande:

- Che relazione c'è tra il volume e la pressione nella bolla d'aria nella fase di galleggiamento della provetta?
- Se alla pressione atmosferica aggiungo una pressione, premendo esternamente con le mani sulla superficie esterna della bottiglia tappata fino a fare affondare la provetta, quanta pressione devo esercitare?



### TROVI SUL BANCO DI LAVORO

- 2 pezzi di metro metallico ricavati da un flessometro
- bottiglia con tappo piena d'acqua
- bottiglia sezionata (o contenitore) piena d'acqua
- siringa da 5cc
- siringa da 1cc
- elastici
- provetta con tappo forato per poter inserire gli aghi delle siringhe
- Nastro adesivo trasparente
- Un recipiente per raccogliere e/o prelevare l'acqua necessaria
- due fogli di carta millimetrata

**Per ottenere risultati affidabili prendi le misure con cura; ricordati di stimare l'incertezza dei valori ottenuti e di riportarla nelle tabelle che trovi sul Fascicolo Risposte.**

Usa le siringhe in dotazione per introdurre o togliere acqua nella provetta, infilando l'ago nel foro al centro del tappo.

## 1. Preparazione della provetta

- 1.1. Fissa con gli elastici i flessometri sulla superficie esterna della provetta in modo simmetrico così da tenere in equilibrio verticale la provetta quando è immersa.
- 1.2. Introduci 1,0 cm<sup>3</sup> di acqua tenendo la provetta verticale e “aggiusta” la posizione dei flessometri in modo che il livello raggiunto dall'acqua nella provetta coincida con un valore iniziale L<sub>0</sub> della tua scala. Segna sul foglio risposte il valore L<sub>0</sub>.
- 1.3. Blocca i flessometri con del nastro adesivo trasparente e toglie gli elastici.

## 2. Taratura della provetta

Dobbiamo determinare la legge V(L) che collega il volume V della bolla d'aria al valore L letto sul flessometro fissato sulla provetta.

- 2.1. Per fare questo introdurrà con le siringhe delle quantità d'acqua di volume V noto e misurerà il valore L del livello corrispondente segnato sul flessometro.  
Sul foglio risposte segna il valore V del volume di acqua presente nella provetta ed il valore corrispondente L. Dovrai fare almeno 5 misure distinte.
- 2.2. Rappresenta le misure ottenute in un grafico cartesiano dove nell'asse x rappresenti i valori L e nell'asse y i corrispondenti valori di V.
- 2.3. Determina i valori del coefficiente angolare m e dell'intercetta q della retta che meglio interpola i dati.

Adesso, sfruttando la relazione trovata, sarai in grado di “tradurre” i valori L letti sulla scala del flessometro in misure di Volume.

## 3. Determinare il volume V<sub>MAX</sub> della bolla che riesce a mantenere in assetto verticale la provetta parzialmente immersa

- 3.1. Prepara la bottiglia (o il contenitore), a cui è stata sezionata la parte superiore, riempiendola d'acqua.
- 3.2. Utilizzando le siringhe per introdurre o togliere acqua nella provetta, e provando a farla galleggiare nella bottiglia, individua il volume massimo V<sub>MAX</sub> della bolla che riesce a mantenere in assetto verticale la provetta galleggiante parzialmente immersa. Riporta sul foglio risposte tale valore.

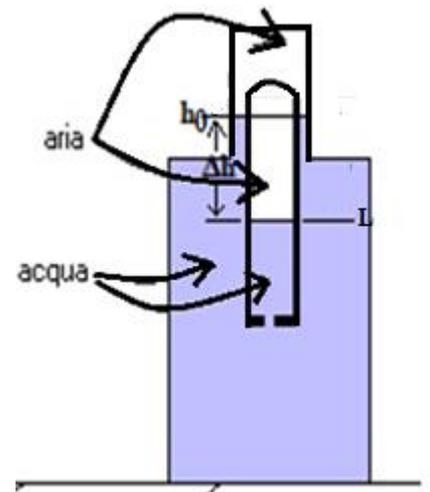
## 4. Determina il volume V<sub>LG</sub> e la pressione ΔP<sub>LG</sub> della bolla d'aria al limite del galleggiamento

*Nota.* Puoi calcolare la differenza di pressione  $\Delta P = P_{interna} - P_{esterna}$  tra la pressione interna dell'aria e la pressione esterna dell'aria misurando i valori L e h<sub>0</sub> (vedi fig.) ed utilizzando la legge di Stevino:

$$\Delta P = P_{interna} - P_{esterna} = d \cdot g \cdot \Delta h$$

(dove d è la densità dell'acqua, g l'accelerazione di gravità e  $\Delta h = |L - h_0|$  è la differenza, in valore assoluto, fra i valori letti sul flessometro del livello L dell'acqua interno alla provetta ed il livello h<sub>0</sub> dell'acqua esterno)

- 4.1. Con la provetta in assetto verticale, fai cinque misure di L e di h<sub>0</sub>. Per fare questo devi variare il contenuto in acqua della provetta. Riporta i valori misurati e quelli calcolati di Δh nella tabella corrispondente del Foglio risposte.
- 4.2. Rappresenta le misure di L e Δh in un opportuno grafico cartesiano (L; Δh)
- 4.3. Modificando opportunamente il contenuto di acqua nella provetta, realizza la situazione corrispondente al limite del galleggiamento (provetta completamente immersa ma galleggiante!) e



riporta i valori di  $L_{LG}$ ,  $h_{0LG}$ ,  $\Delta h_{LG}$ . In questa situazione determina il valore della pressione  $\Delta P_{LG}$  e del volume  $V_{LG}$  della bolla. Riporta i valori ottenuti nel Foglio risposte spiegando come li hai calcolati.

4.4. Potresti ottenere una stima dei valori della pressione  $\Delta P_{LG}$  e del volume  $V_{LG}$  della bolla, analizzando opportunamente il grafico ( $L$ ;  $\Delta h$ ). Scrivi il ragionamento ed i calcoli effettuati per ottenere tale stima.

## 5. Determina la minima pressione $P$ esercitata dalle mani per far affondare una provetta galleggiante.

*Nota.* Poiché il fenomeno dell'affondamento che produrrà avviene a temperatura costante, puoi utilizzare la legge di Boyle:

$$P_0 \cdot V_0 = P_{\text{Affondamento}} \cdot V_{\text{Affondamento}}$$

(Dove  $P$  e  $V$  indicano la pressione ed il volume della bolla nell'istante iniziale 0 ed in quello dell'Affondamento)

- 5.1. Registra il valore della pressione atmosferica presente in laboratorio e riportalo nel foglio risposte.
- 5.2. Prepara la provetta in una delle condizioni intermedie e vicine al limite del galleggiamento che hai studiato nel punto precedente, mettendo nella provetta una opportuna quantità d'acqua.
- 5.3. Introduci la provetta così preparata nella bottiglia e determina il volume  $V_0$ , la differenza di pressione  $\Delta P_0$  e la pressione  $P_0$  dell'aria nella bolla. Riporta i valori ottenuti nel Foglio risposte, specificando come hai calcolato  $P_0$ .
- 5.4. Tappa la bottiglia.
- 5.5. Con le mani schiaccia la bottiglia fino ad affondare la provetta
- 5.6. Determina il volume  $V_{\text{Affondamento}}$ , la differenza di pressione  $\Delta P_{\text{Affondamento}}$  e la pressione  $P_{\text{Affondamento}}$  dell'aria nella bolla nel momento dell'affondamento, riportando i valori ed i calcoli nel Foglio risposte.
- 5.7. Calcola quindi la minima pressione esercitata dalle mani per affondare la provetta. Riporta il valore ottenuto nel Foglio risposte, spiegando come lo hai calcolato.

Se togli la compressione, la provetta torna a galleggiare.

## 6. Esplorazione

Se avessimo un'ipotetica bottiglia così grande da poter raggiungere con la provetta una qualsiasi profondità ci accorgeremmo di un fenomeno nuovo: quando, comprimendo la bottiglia, la provetta supera una certa profondità anche se togli la pressione delle mani la provetta non risalirà più, anzi scenderà sempre più velocemente. Tecnicamente si dice che la provetta va in assetto negativo.

- 6.1. Nel caso della provetta che hai studiato al punto 5 stima a quale profondità  $y$  essa va in assetto negativo. Nel foglio risposte segna il ragionamento ed i calcoli che hai fatto.