



Politecnico
di Bari

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE

IDRAULICA AMBIENTALE

PROF. MICHELE MOSSA

Osservazioni e curiosità

Dato un cubetto di ghiaccio in un bicchiere di acqua, cosa succede al livello dell'acqua quando il cubetto si sarà sciolto?

Sia dato un cubetto di ghiaccio in un bicchiere d'acqua come riportato in figura 1.



Figura 1. Bicchiere di acqua con cubetto di ghiaccio.

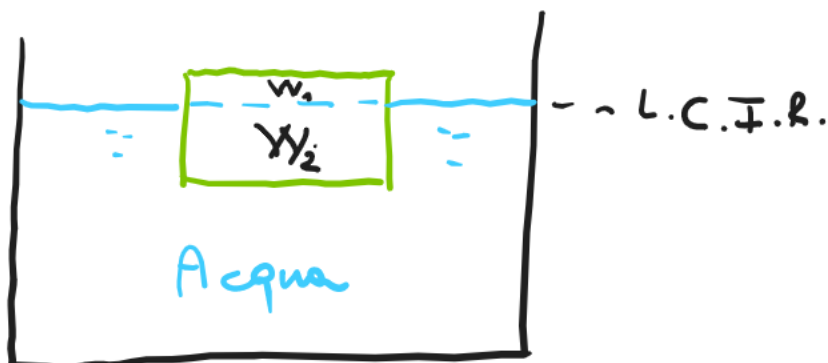


Figura 2. Posizione della linea dei carichi idrostatici relativi (L.C.I.R.) con indicazione del volume W del cubetto di ghiaccio diviso tra W_1 emerso e W_2 sommerso.

Si calcoli la spinta \mathbf{S} che agisce sul cubetto di acqua. Come indicato in figura 2 la linea dei carichi idrostatici relativi (L.C.I.R.) coincide col pelo libero dell'acqua, che ripartisce il volume W del cubetto di ghiaccio nei due volumi, W_1 emerso e W_2 sommerso.

Per il calcolo della spinta si può far riferimento allo schema di figura 3, che riporta la direzione e verso dei vettori $-\Pi_1$ e $-\mathbf{G}$.

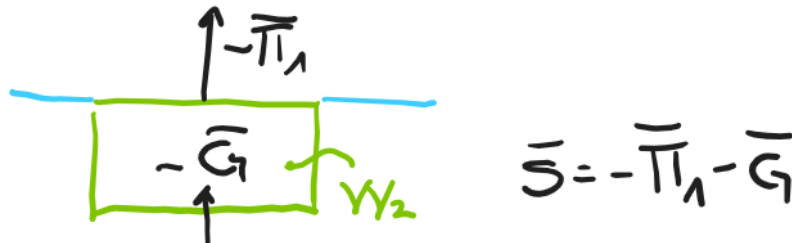


Figura 3. Schema per il calcolo della spinta sul cubetto di ghiaccio.

Pertanto, si ha che

$$\mathbf{S} = -\Pi_1 - \mathbf{G}$$

con

$$|-\Pi_1| = \gamma_a h_0 A$$

e

$$|-\mathbf{G}| = \gamma_a W_2$$

in cui γ_a = peso specifico dell'acqua, h_0 è l'affondamento del baricentro della superficie piana del volume W_2 al livello della L.C.I.R. (nullo, nel caso in analisi) ed A è l'area della suddetta superficie.

Pertanto, si ha che

$$\mathbf{S} = -\mathbf{G}$$

in cui $|\mathbf{G}|$ è proprio il peso dell'acqua pensata appartenente al volume W_2 . In altri termini, risolvendo questo semplice esercizio di idrostatica, si arriva al ben noto principio di Archimede, ossia

Principio di Archimede: un corpo immerso in un liquido (acqua, nel nostro caso) riceve una spinta dal basso verso l'alto uguale al peso del volume di liquido spostato (ossia del volume W_2).

Poiché il cubetto di ghiaccio è fermo, deve necessariamente aversi che il suo peso P deve uguagliare la spinta S come riportato in figura 4.

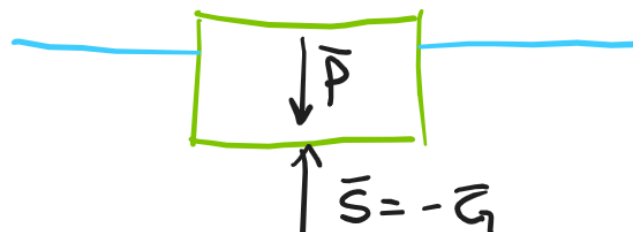


Figura 4. Equilibrio delle forze \mathbf{S} e \mathbf{P} .

Si osserva che il peso P del ghiaccio è dato da

$$P = \gamma_g W = g \rho_g W$$

in cui γ_g =peso specifico del ghiaccio, g l'accelerazione di gravità e ρ_g =densità del ghiaccio. Inoltre, si ha che la densità del ghiaccio è $\rho_g=999,80 \text{ kg/m}^3$, mentre la densità dell'acqua è $\rho_a=1000 \text{ kg/m}^3$. Pertanto, nel momento in cui il ghiaccio si scioglie, trasformandosi in acqua, la densità aumenta passando da $999,80 \text{ kg/m}^3$ a 1000 kg/m^3 .¹ Ovviamente, per il principio di Lavoisier sulla conservazione della massa (principio di continuità), la massa del ghiaccio, quando diventa acqua, si preserva, ossia si ha

$$Massa_{ghiaccio} = \rho_g W = Massa_{ghiaccio \rightarrow acqua}$$

Moltiplicando il primo e secondo membro dell'equazione per l'accelerazione di gravità si ha

$$P = g \rho_g W = S$$

dove l'ultima uguaglianza è stata spiegata sopra (in figura 4). Pertanto, quando il ghiaccio si scioglie, passando alla fase liquida, il suo volume passa da W a W_2 , ossia andando ad occupare il solo volume W_2 . Dunque, il livello del pelo libero dell'acqua nel bicchiere non cambia.

In conclusione, si osserva che lo scioglimento degli iceberg, causato dall'aumento delle temperature medie, non contribuisce all'innalzamento del livello medio del mare. Questo fenomeno, invece, può essere dovuto allo scioglimento dei ghiacciai presenti a terra e che, con lo scioglimento, si riversano nei mari e sugli effetti della dilatazione termica dell'acqua stessa. Infatti, con l'aumentare della temperatura da 4°C in su la densità dell'acqua si riduce e, dunque, a parità di massa, il volume aumenta.

¹ In generale la densità di un fluido si riduce con l'aumentare della temperatura. Questo avviene anche per l'acqua, con l'eccezione dell'intervallo di temperatura compreso tra 0°C e 4°C , nell'ambito del quale la densità aumenta con la temperatura. Pertanto, gli iceberg, avendo una densità minore di quella dell'acqua allo stato liquido, galleggiano. Per approfondimenti sulla densità dell'acqua e sull'espansione termica si vedano le pagine da 18 a 20 del testo di Mossa M. e Petrillo A.F., *Idraulica*, CEA, Milano, 2013.