

IDEE PER UNA LEZIONE DIGITALE

PARAGRAFO	CONTENUTO	DURATA (MINUTI)
Apertura capitolo	<p> ESPERIMENTI A CASA</p> <p>A fondo o a galla? L'alluminio affonda o galleggia in acqua? Dipende...</p>	3
4. La pressione della forza-peso nei liquidi	<p> ESPERIMENTO VIRTUALE</p> <p>Sotto pressione Gioca, misura, esercitati</p>	
7. Il galleggiamento dei corpi	<p> IN LABORATORIO</p> <p>Il diavoletto di Cartesio Un'applicazione curiosa dei principi di Pascal e Archimede</p>	2
I concetti e le leggi	<p> IN 3 MINUTI</p> <p>La pressione</p> <p> MAPPA INTERATTIVA</p>	
Esercizi	<p>20 TEST INTERATTIVI SU ZTE CON FEEDBACK «Hai sbagliato, perché...»</p>	

VERSO IL CLIL

FORMULAE IN ENGLISH

AUDIO

Pressure	$p = \frac{F}{s}$	The pressure equals the magnitude of the force acting perpendicularly to a surface divided by the area over which the force acts.
Stevin's pressure	$p = gdh$	The pressure due to a column of liquid at its base equals the product of the gravitational constant g , the density of the fluid and the height of the column.
Total pressure	$p = p_0 + gdh$	Total pressure equals the external pressure on the surface of a column of liquid plus Stevin's pressure.
Communicating vases	$\frac{h_1}{h_2} = \frac{d_2}{d_1}$	The equilibrium condition for communicating vases is that the ratio of the height of the liquid in the first vase to the height of liquid in the second vase equals the ratio of the density of the liquid in vase two to the density of the liquid in vase one.
Archimede's Principle	$F_A = g dV$	The upward buoyant force exerted on a body immersed in a fluid equals the product of the constant g , the density of the liquid and the volume of liquid displaced.

 **QUESTIONS AND ANSWERS**

 **AUDIO**

- ▶ Describe a practical application of pressure.

In trying to cut a cake with a knife we know from experience that using the flat side of a knife does not yield a good result: the applied force is spread over too large an area. By using the thin edge of the knife the surface area over which the force is applied is reduced and the cake cuts more easily.

- ▶ State Pascal's principle in words and relate it to hydraulic systems.

Pascal's principle states that any change in the pressure applied to a completely enclosed fluid is transmitted undiminished to all parts of the fluid and the enclosing walls. Hydraulic systems use a incompressible fluid, such as oil or water, to transmit forces from one location to another within the fluid.

- ▶ State Stevin's law for the pressure at a point in a fluid.

The pressure at a point in a fluid in static equilibrium equals the atmospheric pressure at the surface of the vessel plus the product of the fluid density, gravitational acceleration and the total height of the column of fluid above the point under investigation. The density of a liquid will vary with changes in temperature so this is often quoted alongside hydrostatic pressure units.

- ▶ Explain buoyancy in terms of the principles of Stevin and Archimedes.

Stevin's principle tells us that fluid pressure increases with depth and this increased pressure is exerted in all directions. For a submerged object (partially or fully) there is an unbalanced upward force on its bottom surface which gives rise to buoyancy. Imagine for a moment that the submerged object is made of water, this water is exactly supported by the pressure difference. The solid object itself experiences exactly the same pressure environment and it follows that the buoyant force on the solid object is equal to the weight of the water displaced (Archimedes' Principle).

- ▶ How would one measure the density of an object with an unusual shape, such as a dining fork?

The density of the fork is its mass divided by its volume. Presuming that a means is available to measure the mass of the fork, its volume can be measured by placing it in a uniform container filled with water. When immersed, the object displaces its own volume of water, which can be measured by the rise in the water level and the density of the fork can thereby be calculated.

PROBLEMI MODELLO, DOMANDE E PROBLEMI IN PIÙ

2 LA PRESSIONE

15 ★★★ Una tazzina piena di caffè ha una massa di 520 g e esercita sul tavolo una pressione di 850 Pa. Quando viene sollevata lascia un anello di caffè sul tavolo.

- ▶ Qual è la misura del raggio dell'anello lasciato dalla tazza?
- ▶ Come cambierebbe la pressione esercitata dalla tazza se il tavolo avesse una pendenza di 10° ?

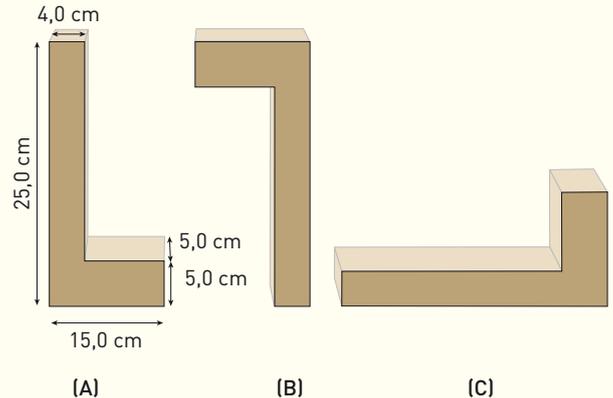
[4,4 cm; $8,4 \times 10^2$ Pa]

16 ★★★ Marco mette un cubetto di ghiaccio (densità 917 kg/m^3) di lato 4,0 cm in un sacchetto chiuso con un nastro e lo poggia su un tavolo. Quando torna da scuola il ghiaccio si è sciolto e la superficie di contatto tra il sacchetto e il tavolo è diventata circolare di raggio 2,8 cm.

- ▶ Di quanto è variata la pressione esercitata dal sacchetto sul tavolo?
- ▶ Marco vuole che la pressione esercitata dal sacchetto torni ad assumere il valore iniziale. Facendo in modo che l'area di contatto resti costante, Marco dovrebbe aggiungere o togliere acqua dal sacchetto? Calcola la massa di acqua che deve aggiungere o togliere.

[$1,3 \times 10^2$ Pa; aggiungere $3,3 \times 10^{-2}$ kg]

17 ★★★ Un fermalibri ha la forma di una lettera L, una massa di 2,3 kg e può essere posizionato sullo scaffale della libreria in tre modi diversi come mostrato nella figura.



- ▶ In quale caso la forza esercitata sullo scaffale è maggiore?
- ▶ In quale caso la pressione esercitata sullo scaffale è maggiore?
- ▶ Calcola la pressione esercitata nel caso C.
- ▶ Quale forza dovrebbe esercitare sullo scaffale un secondo ferma-libri delle stesse dimensioni ma posizionato come nel caso B perché la pressione sia la stessa del punto precedente?

[nessuno; B; $1,8 \times 10^3$ Pa; 3,6 N]

3 LA PRESSIONE NEI LIQUIDI

PROBLEMA MODELLO 2 DAL BARBIERE

Un barbiere fa accomodare i suoi clienti su una poltrona sollevabile il cui meccanismo è costituito da un torchio idraulico. La poltrona vuota ha una massa di 25 kg ed è fissata su un pistone di area $0,20 \text{ m}^2$.

Il barbiere può applicare una forza massima di 500 N su un pistone di area $0,080 \text{ m}^2$ collegato al pedale.

- ▶ Quale forza minima deve esercitare per sollevare un uomo di 85 kg?
- ▶ Qual è la massa massima che un cliente può avere perché il barbiere possa sollevarlo sulla poltrona?
- ▶ Di quanti centimetri si solleva la poltrona quando il pistone collegato al pedale si abbassa di 3,0 cm?

■ DATI

Massa della poltrona vuota: $m = 25 \text{ kg}$
 Area del pistone grande: $S_2 = 0,20 \text{ m}^2$
 Forza massima sul pistone piccolo: $F_{1 \text{ max}} = 500 \text{ N}$
 Area del pistone piccolo: $S_1 = 0,080 \text{ m}^2$
 Massa dell'uomo: $M = 85 \text{ kg}$
 Abbassamento del pistone piccolo: $h_1 = 3,0 \text{ cm}$

■ INCOGNITE

Forza per sollevare l'uomo sulla poltrona: $F_1 = ?$
 Massa più grande sollevabile: $M_{\text{max}} = ?$
 Sollevamento della poltrona: $h_2 = ?$

L'IDEA

- Dalla legge di Pascal ricavo la forza da esercitare: $F_1 = F_2 \frac{S_1}{S_2}$.
- F_2 è la forza-peso totale della poltrona e del cliente. Deduco che il cliente potrà essere sollevato se $F_2 \leq F_{1\max} \frac{S_2}{S_1}$.
- So che il volume di un liquido incompressibile rimane costante, cioè $S_1 h_1 = S_2 h_2$, da cui ricavo: $h_2 = h_1 \frac{S_1}{S_2}$.

LA SOLUZIONE

Calcolo la forza-peso totale che agisce sul pistone grande.

$$F_2 = (m + M)g = (25 \text{ kg} + 85 \text{ kg}) \times 9,8 \text{ N/kg} = 1,1 \times 10^3 \text{ N}.$$

Calcolo la forza da esercitare sul pistone piccolo per sollevare l'uomo sulla poltrona.

$$F_1 = F_2 \frac{S_1}{S_2} = (1,1 \times 10^3 \text{ N}) \times \left(\frac{0,080 \text{ m}^2}{0,20 \text{ m}^2} \right) = 4,4 \times 10^2 \text{ N}.$$

Determino la massa più grande sollevabile

La forza massima esercitabile sul pistone grande vale:

$$F_{2\max} = F_{1\max} \frac{S_2}{S_1} = (500 \text{ N}) \times \left(\frac{0,20 \text{ m}^2}{0,080 \text{ m}^2} \right) = 1,3 \times 10^3 \text{ N}.$$

da cui ricavo:

$$M_{\max} = \frac{F_{2\max}}{g} - m = \frac{1,3 \times 10^3 \text{ N}}{9,8 \text{ N/kg}} - 25 \text{ kg} = 110 \text{ kg}.$$

Calcolo di quanto si solleva la poltrona

$$h_2 = h_1 \frac{S_1}{S_2} = (3,0 \text{ cm}) \times \frac{0,080 \text{ m}^2}{0,20 \text{ m}^2} = 1,2 \text{ cm}.$$

27 ★★★ Lorenzo deve sollevare il lato destro della macchina di almeno 1 cm, quanto basta per cambiare una gomma bucata. Ha a disposizione un cric idraulico il cui pistone più piccolo ha un'area di 1,3 cm² e può abbassarsi al massimo di 22,5 cm. Il peso da sollevare è di 7900 N e la superficie su cui poggia il cric sotto la macchina è pari a 18,4 cm².

- ▶ Calcola la forza che Lorenzo deve esercitare sul pistone piccolo per sollevare la macchina.
- ▶ Riuscirà a sollevarla a sufficienza?

[5,6 × 10² N]

28 ★★★ Una forza di 480 N agisce su un pistone di un torchio idraulico che ha una superficie di 12,6 cm². Il pistone si abbassa di 4,4 cm mentre il secondo pistone si solleva di 1,6 cm.

- ▶ Calcola la forza sviluppata dal secondo pistone.
- ▶ Quanto valgono le pressioni esercitate sui due pistoni?

[1,3 × 10³ N; 3,81 × 10⁵ Pa]

4 LA PRESSIONE DELLA FORZA-PESO NEI LIQUIDI

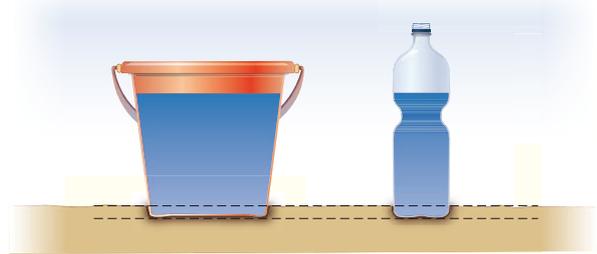
31 Al mare, per fare snorkeling nuoti con la faccia sotto il pelo dell'acqua respirando con un boccaglio.

- ▶ Potresti fare delle immersioni in profondità, senza fare ricorso all'uso di bombole di ossigeno o scafandri, solo con l'ausilio di un lungo tubo emergente dal pelo dell'acqua per respirare?

32 PENSACI BENE Uno studente afferma che, secondo la legge di Stevino, un liquido esercita pressione solo sulla base del recipiente che lo contiene, perché rispetto alla base la colonna di liquido ha la massima altezza.

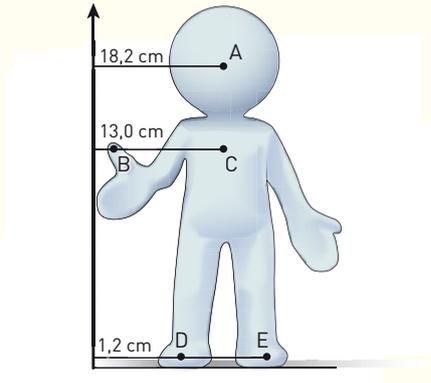
- ▶ Ha ragione?

33 PENSACI BENE Un secchiello e una bottiglia sono poggiati sulla sabbia. Sono riempiti di acqua fino alla stessa altezza e la profondità del segno che lasciano sulla sabbia appare la stessa per entrambi.



► Come è possibile, visto che le due quantità di acqua, e quindi i loro rispettivi pesi, sono molto diverse?

42 Maria ha acquistato un flacone di bagnoschiama (densità 1650 kg/m^3) con la forma di un pupazzo. La forma del flacone è schematizzata nella figura e l'altezza totale è di 24,0 cm.



► Quanto vale la pressione dovuta alla forza-peso che il sapone esercita sul naso del pupazzo (punto A)?
 ► Di quanto varia la pressione dal punto A al punto C?

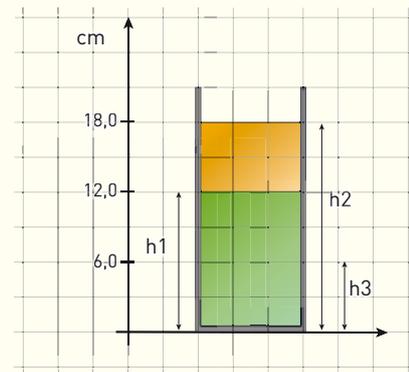
► Calcola la pressione nel punto B sul pollice del pupazzo.
 ► Determina la differenza di pressione tra i punti E e D.
 [$9,38 \times 10^2 \text{ Pa}$; $8,41 \times 10^2 \text{ Pa}$; $1,78 \times 10^3 \text{ Pa}$; 0 Pa]

43 Una botte è piena d'acqua fino al livello del coperchio superiore. La pressione esercitata dall'acqua sul fondo della botte è 7,8 kPa. Da un foro al centro del coperchio si alza un tubo lungo 1,00 m, inizialmente vuoto.

► Quanto vale l'altezza della botte?
 ► Qual è il valore della pressione quando anche il tubo è riempito di acqua?

[0,80 m; 18 kPa]

44 Un cilindro di raggio 6,0 cm è riempito da due liquidi che non si mescolano, come nella figura. Le densità dei due liquidi sono: $d_1 = 1600 \text{ kg/m}^3$ (liquido verde) e $d_2 = 1380 \text{ kg/m}^3$ (liquido giallo).



► Calcola la pressione dovuta al peso dei liquidi che agisce sulle pareti del cilindro a un'altezza di 6,0 cm dal fondo.
 ► Determina l'intensità della forza totale esercitata dai liquidi sul fondo del cilindro.

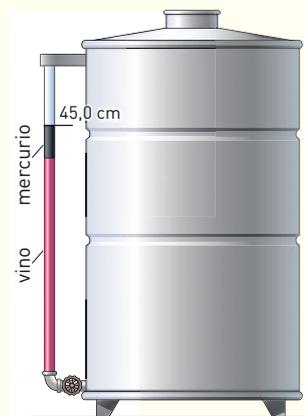
[$1,8 \times 10^3 \text{ Pa}$; 30,4 N]

5 I VASI COMUNICANTI

PROBLEMA MODELLO 4 UN INDICATORE DI LIVELLO... PARTICOLARE

In un esperimento di laboratorio, Alessandro ha un lungo cilindro graduato che contiene del mercurio liquido (densità $1,36 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$) fino a un'altezza di 5,5 cm. Collega le due estremità del cilindro con un grosso recipiente di acciaio che contiene del vino di densità 950 kg/m^3 , come mostrato nella figura, e collega un rubinetto alla base. Quando apre il rubinetto del recipiente, il vino fluisce nel cilindro finché la superficie libera del mercurio raggiunge un'altezza di 45,0 cm.

► Calcola l'altezza della colonna di vino che equilibra il mercurio.
 ► Qual è l'altezza del vino nel recipiente di acciaio?



■ DATI

Altezza iniziale del mercurio: $h_m = 5,5 \text{ cm}$
 Densità del mercurio: $d_m = 13\,600 \text{ kg/m}^3$
 Densità del vino: $d_v = 950 \text{ kg/m}^3$
 Altezza finale del mercurio: $h'_m = 45,0 \text{ cm}$

■ INCOGNITE

Altezza della colonna di vino che equilibra il mercurio: $h_v = ?$
 Altezza del vino nel recipiente: $h_{v\text{rec}} = ?$

L'IDEA

- Quando il cilindro è messo in comunicazione con il recipiente, i due liquidi raggiungono una situazione di equilibrio. Le pressioni esercitate dalle colonne di liquidi sulle loro basi sono uguali; per la legge dei vasi comunicanti vale quindi che $h_v = \frac{d_m}{d_v} h_m$. Questa relazione è valida se le altezze sono misurate rispetto alla quota della superficie che separa i due liquidi (nel nostro caso, la superficie che separa mercurio e vino).
- Conoscendo l'altezza del vino nel ramo di destra rispetto alla quota di riferimento, calcolo l'altezza del vino rispetto alla base del recipiente di acciaio con un'addizione.

LA SOLUZIONE

Calcolo l'altezza della colonna di vino rispetto al livello di riferimento.

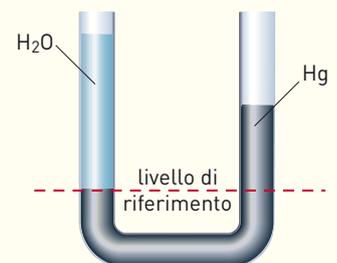
Dalla legge dei vasi comunicanti

$$h_v = \frac{d_m}{d_v} h_m = \frac{1,36 \times 10^4 \text{ kg/m}^3}{950 \text{ kg/m}^3} \times (5,5 \times 10^{-2} \text{ m}) = 0,79 \text{ m}.$$

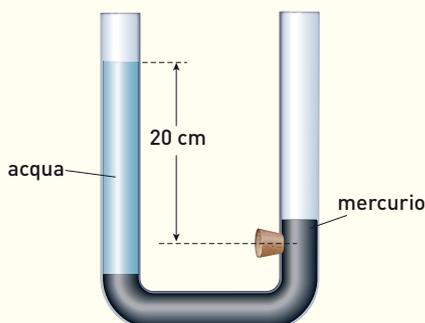
Ricavo l'altezza del vino nel recipiente.

L'altezza appena calcolata è la distanza fra il pelo libero del vino nel recipiente e il livello di riferimento, quindi l'altezza del vino rispetto alla base del recipiente di acciaio è

$$h_{v\text{rec}} = h_v + (45,0 - 5,5) \times 10^{-2} \text{ m} = 0,79 \text{ m} + 0,395 \text{ m} = 1,2 \text{ m}.$$



51 ★★★ Un tubo a U contiene nei due vasi rispettivamente acqua e mercurio (densità $13\,600 \text{ kg/m}^3$). Nel ramo di destra, dove si trova il mercurio, c'è un foro di $4,0 \text{ cm}$ di diametro, chiuso con un tappo di sughero. Il foro si trova alla quota di 20 cm sotto il pelo libero dell'acqua.



► Quale forza dovuta al liquido sopporta il tappo di sughero?

► Quanti centimetri di mercurio ci sono sopra il foro? [2,5 N; 1,5 cm]

52 ★★★ Un tubo a U contiene inizialmente del mercurio (densità $13\,600 \text{ kg/m}^3$). In uno dei due vasi viene versato dell'olio di oliva (densità $916,0 \text{ kg/m}^3$) e nell'altro dell'olio di soia. Si trova che le altezze delle colonne di mercurio nei due vasi sono uguali se la colonna di olio di oliva è alta $12,20 \text{ cm}$ e quella di olio di soia $12,12 \text{ cm}$.

► Calcola la densità dell'olio di soia.

Si continua ad aggiungere olio di soia facendone aumentare il livello di $10,00 \text{ cm}$.

► Qual è ora la differenza tra i livelli del mercurio nei due vasi?

[922,0 kg/m^3 ; 6,78 mm]

6 LA SPINTA DI ARCHIMEDE

56 Un operaio si trova su un barcone che percorre un fiume. Raccoglie dalla riva delle pietre e forma nella barca una catasta piuttosto alta. È corretto dire che:

- ▶ l'operaio può raccogliere tante pietre finché il peso complessivo eguaglia il peso dell'acqua spostata dal barcone?
- ▶ se il barcone lungo il percorso incrocia un ponte molto basso, all'operaio conviene gettar via delle pietre per poterlo oltrepassare?

57 Considera un oggetto di massa m immerso in un fluido (per esempio, acqua o aria) di densità d_{fluido} .

- ▶ Esprimi la spinta di Archimede in funzione della sua forza-peso.

$$F_A = F_P \frac{d_{\text{fluido}}}{d_{\text{corpo}}}$$

PROBLEMA MODELLO 5 IL DIRIGIBILE HINDENBURG

Il dirigibile Hindenburg, fabbricato in Germania nel 1936, è stato uno degli aeromobili più grandi mai costruiti. Aveva un volume di $211\,890\text{ m}^3$ e una massa di $118\,000\text{ kg}$ ed era riempito di idrogeno, che ha la densità di $9,0 \times 10^{-2}\text{ kg/m}^3$. La densità dell'aria è $1,29\text{ kg/m}^3$.

- ▶ Quale spinta ascensionale faceva volare l'Hindenburg?
- ▶ Il dirigibile avrebbe potuto trasportare un carico di 100 tonnellate?

■ DATI

Volume del dirigibile: $V = 211\,890\text{ m}^3$
 Massa del dirigibile: $M = 118\,000\text{ kg}$
 Densità dell'aria: $d_{\text{aria}} = 1,29\text{ kg/m}^3$
 Densità dell'idrogeno: $d_{\text{idrogeno}} = 9,0 \times 10^{-2}\text{ kg/m}^3$
 Massa del carico: $m = 100\text{ t}$

■ INCOGNITE

Spinta ascensionale sul dirigibile: $S = ?$
 Può trasportare il carico?

L'IDEA

- Sul dirigibile agiscono due forze in direzione verticale: la forza-peso verso il basso e la spinta di Archimede verso l'alto.
- Ricavo la spinta ascensionale come differenza tra il modulo della spinta di Archimede e quello della forza-peso (nei due casi, senza carico e con carico).

LA SOLUZIONE

Calcolo la spinta ascensionale senza carico.

La forza-peso del dirigibile è $F_P = Mg$. La spinta di Archimede è: $F_A = d_{\text{aria}}gV$.

$$S = F_A - F_P = g(d_{\text{aria}}V - M) = (9,8\text{ N/kg}) \times (1,29\text{ kg/m}^3 \times 211\,890\text{ m}^3 - 118\,000\text{ kg}) = 1,5 \times 10^6\text{ N.}$$

Calcolo la spinta ascensionale con il carico.

Per verificare se il dirigibile poteva trasportare un carico di 100 tonnellate, calcolo di nuovo la spinta ascensionale con il nuovo peso totale.

$$S' = F_A - F_{P\text{carico}} = g[d_{\text{aria}}V - (M + m)] = (9,8\text{ N/kg}) \times (1,29\text{ kg/m}^3 \times 211\,890\text{ m}^3 - 218\,000\text{ kg}) = 5,4 \times 10^5\text{ N.}$$

La spinta ascensionale è ancora positiva, quindi il dirigibile è in grado di trasportare il carico.

PER NON SBAGLIARE

Dato che la densità dei gas è molto minore di quella di liquidi e solidi, la spinta di Archimede nei gas ha effetti apprezzabili quando, come in questo caso, il volume di gas spostato è grande.

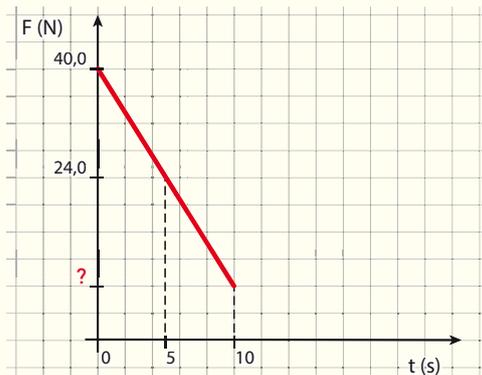
Il dirigibile può sostenere senza perdere quota un carico massimo pari al peso del suo volume riempito di aria.

64 **★★★** Una boa di massa 4,0 kg e volume 15 dm³ è legata all'estremo di una fune; l'altro estremo è stato fissato a uno scoglio sul fondo del mare. La corda non è sufficientemente lunga, quindi la boa è completamente immersa (densità dell'acqua 1020 kg/m³).

- ▶ Quanto vale il modulo della forza che la corda esercita sulla boa?

[1,1 × 10² N]

65 **★★★** Un sasso di cemento di forma cubica appeso all'estremità di un dinamometro viene calato in acqua procedendo con un ritmo costante. Dopo 5,0 s il sasso è immerso in acqua per metà. Il grafico rappresenta la variazione nel tempo del valore della forza-peso letto sul dinamometro.



- ▶ Quanto vale la spinta di Archimede quando il sasso è immerso per metà?
- ▶ Quale valore indicherà il dinamometro quando il sasso è completamente immerso?

[16,0 N; 8,0 N]

66 **★★★** Un materassino gonfiabile per il mare può essere approssimato con un parallelepipedo di dimensioni 2,0 m, 80 cm e 15 cm. La densità dell'acqua di mare è 1020 kg/m³.

- ▶ Il materassino può sorreggere tre ragazzi di massa complessiva 200 kg? (Trascura la massa del materassino.)
- ▶ Considera ora che la massa del materassino è di 300 g. Come cambia la risposta alla domanda precedente?

7 IL GALLEGGIAMENTO DEI CORPI

69 **COSA SUCCEDERE SE** Le imbarcazioni hanno diverse linee di galleggiamento sullo scafo. Un'imbarcazione passa dal mare ($d = 1030 \text{ kg/m}^3$) a un canale di acqua dolce, con densità inferiore a quella dell'acqua salata.

- ▶ Cosa succede all'imbarcazione? Si immerge di più, di meno, o resta allo stesso livello?

70 Un sottomarino che naviga parzialmente emerso sulla superficie dell'oceano è soggetto alla forza di Archimede, come tutti gli oggetti immersi in un fluido. A un certo punto il sottomarino si immerge completamente.

- ▶ La forza di Archimede che agisce sul sottomarino è maggiore, minore o uguale a prima?

PROBLEMA MODELLO 6 UNA ZATTERA DI FORTUNA

Un pescatore vuole fabbricare una piccola zattera per poter pescare in un lago. Per pescare in sicurezza ha bisogno che la superficie della zattera senza carico emerga di almeno 10 cm dal pelo dell'acqua. Ha a disposizione un uguale numero di travi di legno (di densità 550 kg/m^3) e di un composto plastico (di densità 820 kg/m^3), tutte a sezione quadrata di lato 25 cm, che può legare una a fianco all'altra in modo da formare una superficie compatta.

- Calcola la percentuale del volume della zattera che emerge in superficie nei due casi.
- Quale materiale deve scegliere per pescare in sicurezza?

■ DATI

Densità del legno: $d_l = 550 \text{ kg/m}^3$
 Densità della plastica: $d_p = 820 \text{ kg/m}^3$
 Spessore delle travi: $h = 25 \text{ cm}$

■ INCOGNITE

Percentuali di volume che emergono:

$$\frac{V_{\text{emerso } l}}{V_{\text{tot } l}} \% = ?; \quad \frac{V_{\text{emerso } p}}{V_{\text{tot } p}} \% = ?$$

L'IDEA

- Per la condizione di galleggiamento, la forza-peso dell'intera zattera deve essere uguale alla spinta di Archimede relativa alla parte di zattera che è immersa, cioè: $dgV_{\text{tot}} = d_{\text{acqua}}gV_{\text{immerso}}$. Da questa uguaglianza ricavo la relazione tra il volume della zattera immerso in acqua e il volume totale.
- L'altezza immersa di ogni trave e l'altezza totale della trave stanno nello stesso rapporto dei volumi.

LA SOLUZIONE

Calcolo la percentuale di volume della zattera in legno che emerge dall'acqua.

Dalla condizione di galleggiamento, cioè $F_p = F_A$, ricavo $dgV_{\text{tot}} = d_{\text{acqua}}gV_{\text{immerso}}$ che, considerando il caso n. 1 della zattera costruita in legno fornisce:

$$\frac{V_{\text{immerso } l}}{V_{\text{tot } l}} = \frac{d_l}{d_{\text{acqua}}} = \frac{550 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0,55 = 55\%.$$

Quindi la percentuale di volume che emerge è:

$$\frac{V_{\text{emerso } l}}{V_{\text{tot } l}} = 100\% - \frac{V_{\text{immerso } l}}{V_{\text{tot } l}} = 45\%.$$

Calcolo la percentuale di volume della zattera in plastica che emerge dall'acqua.

Analogamente, nel caso n. 2 della zattera in plastica ricavo:

$$\frac{V_{\text{immerso } p}}{V_{\text{tot } p}} = \frac{d_p}{d_{\text{acqua}}} = \frac{820 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0,82 = 82\%.$$

Quindi la percentuale di volume che emerge è:

$$\frac{V_{\text{emerso } p}}{V_{\text{tot } p}} = 18\%.$$

Calcolo la distanza dall'acqua della superficie della zattera nei due casi.

Il rapporto fra il volume emerso e quello totale uguaglia il rapporto fra l'altezza emersa e quella totale di ogni trave.

Caso n. 1 (legno):

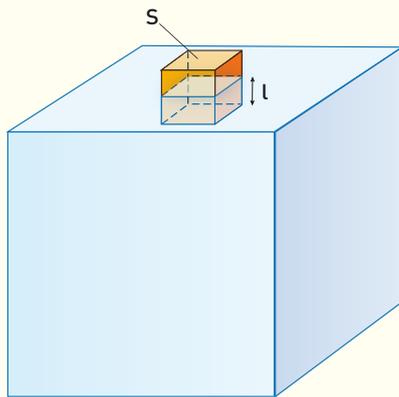
$$h_{\text{emersa } l} = \frac{V_{\text{emerso } l}}{V_{\text{tot } l}} h = 0,45 \times (25 \text{ cm}) = 11 \text{ cm.}$$

Caso n. 2 (plastica):

$$h_{\text{emersa } p} = \frac{V_{\text{emerso } p}}{V_{\text{tot } p}} h = 0,18 \times (25 \text{ cm}) = 4,5 \text{ cm.}$$

Quindi il pescatore dovrà utilizzare le travi di legno per pescare in sicurezza e fare in modo che la zattera emerga dal pelo dell'acqua di almeno 10 cm.

75 ******* Considera un blocchetto, a forma di parallelepipedo, che galleggia in un liquido di densità d . L'area delle due basi del blocchetto è S , mentre l'altezza della parte immersa è l .



- ▶ Quali sono le forze, dovute alla pressione dell'aria e del liquido, che agiscono sul blocchetto?
- ▶ Qual è la somma vettoriale delle forze che si esercitano sulle facce laterali del blocchetto?
- ▶ Quanto valgono, rispettivamente, la pressione sulla base emersa del blocchetto e su quella immersa?

$$[0 \text{ N}; p_0, p_0 + dg l]$$

76 ******* Considera ancora il blocchetto dell'esercizio precedente.

- ▶ Quali sono i moduli delle forze, dovute alla pressione, che agiscono sulle basi del blocchetto?
- ▶ Quanto vale il modulo della risultante di tali forze?
- ▶ In base a ciò che hai imparato da questo capitolo, sapresti dare un altro nome a questa forza? Spiega perché.

$$[p_0 S, (p_0 + dg l) S; dg l S]$$

8 LA PRESSIONE ATMOSFERICA

80 **PENSACI BENE** Vuoi eseguire l'esperimento di Torricelli usando, al posto del mercurio, un altro liquido.

- ▶ È possibile, o l'esperimento di Torricelli funziona solo con il mercurio?
- ▶ Perché non è conveniente usare l'acqua per svolgere l'esperimento?
- ▶ Il liquido che scegli ha una densità pari alla metà di quella del mercurio. Quanto risulta alta la colonna di liquido nella provetta, all'equilibrio?

81 **PENSACI BENE** Durante un'interrogazione di fisica, alla domanda «Qual è il meccanismo che permette di bere una bibita con la cannuccia?» uno studente risponde che si tratta della forza del vuoto creato nella cannuccia aspirando.

- ▶ La risposta è corretta?

82 Le sonde meteorologiche sono palloni aerostatici sferici, lanciati dal Servizio meteorologico dell'Aeronautica militare in alcuni aeroporti italiani, normalmente due volte al giorno, per registrare i parametri meteorologici a diverse altezze. Le sonde salgono nell'atmosfera fino a 25-30 km di quota, dove scoppiano. La strumentazione scende con un paracadute e viene recuperata. Il diametro delle sonde va da circa 2 m alla partenza fino a 8 m al momento dello scoppio.

- ▶ Perché il diametro delle sonde aumenta durante l'ascesa, fino a scoppiare?

83 Cerca in Internet il valore delle pressioni degli pneumatici anteriori e posteriori dell'auto che ti piace.

- ▶ Quanto valgono e in che unità di misura sono espressi?
- ▶ Trasforma i valori delle pressioni in unità del Sistema Internazionale.

PROBLEMA MODELLO 7 PNEUMATICI A PRESSIONE

Il manometro con cui si misura la pressione all'interno degli pneumatici non indica la pressione dell'aria all'interno dello pneumatico (*pressione assoluta*), ma la differenza tra la pressione interna e quella atmosferica. Questo valore si chiama *pressione relativa* dello pneumatico. Un'auto ha la massa di 1200 kg e le sue ruote sono gonfiate alla pressione relativa di $2,0 \times 10^5$ Pa.

- ▶ Quanto vale la superficie di appoggio di ogni ruota?
- ▶ Calcola la forza totale che agisce su 1 cm^2 della parete interna della ruota.

■ DATI

Massa dell'auto: $m = 1200 \text{ kg}$
Pressione relativa delle ruote: $p_r = 2,0 \times 10^5 \text{ Pa}$
Area parete interna: $A = 1 \text{ cm}^2$

■ INCOGNITE

Superficie di appoggio di ogni ruota: $S = ?$
Forza sulla superficie A : $F = ?$

L'IDEA

- Ciascuna ruota sopporta un quarto del peso dell'auto.
- Conosco la pressione relativa, cioè la differenza tra la pressione interna alla ruota e quella atmosferica. Infatti la pressione dentro ogni ruota è superiore alla pressione atmosferica: se la pressione dell'aria fosse la stessa dentro e fuori dallo pneumatico, nessuna forza lo manterrebbe in tensione, e si affloscerebbe sotto il suo peso. Dalla relazione: $F_p = p_r S$ ricavo la superficie di appoggio.
- Calcolo la forza totale dalla pressione assoluta.

LA SOLUZIONE

Ricavo la superficie di appoggio di ogni ruota.

La forza che preme ogni ruota verso il suolo è: $F_p = \frac{1}{4} mg$.

Quindi $F_p = p_r S$ da ricavo:

$$S = \frac{F_p}{p_r} = \frac{\frac{1}{4} mg}{p_r} = \frac{(1200 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ N/kg})}{4 \times 2,0 \times 10^5 \text{ Pa}} = 1,5 \text{ dm}^2.$$

Calcolo la forza totale che agisce su 1 cm^2 della superficie interna.

$$F = (p_0 + p_r)A = (1,01 \times 10^5 \text{ Pa} + 2,0 \times 10^5 \text{ Pa}) \times (1 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 30 \text{ N}.$$

PER NON SBAGLIARE

Mantenendo adeguata la pressione interna delle gomme, senza superare quella indicata dalla casa costruttrice, è possibile ridurre l'area di appoggio, riducendo il consumo delle gomme.

92 ★★★ Durante il passaggio di una tromba d'aria, la pressione esterna subisce un drastico calo. Il portone di un magazzino investito da una tromba d'aria ha la superficie di $1,8 \text{ m}^2$; l'aria all'interno è alla pressione atmosferica normale, la diminuzione di pressione all'esterno è di 30 hPa .



- ▶ Quale forza sollecita il portone?
- ▶ Quali sono la direzione e il verso di questa forza?

[$5,4 \times 10^3 \text{ N}$]

93 ★★★ Bevi una limonata ($d = 1008 \text{ kg/m}^3$) con la cannuccia. Immagina di aspirare l'aria nella cannuccia portando la pressione all'interno della bocca a $0,75 \text{ atm}$.

- ▶ Fino a quale altezza salirebbe la limonata, se la cannuccia potesse essere lunghissima?

[$2,6 \text{ m}$]

94 ★★★ Devi misurare la pressione relativa di un gas in un recipiente con un manometro su cui non riesci più a leggere la scala. Sai che la molla del manometro ha una costante elastica $k = 3,0 \times 10^4 \text{ N/m}$ e che il pistone cilindrico dove si esercita la pressione del gas ha un raggio di $1,6 \text{ cm}$. Quando effettui la misura, la molla risulta compressa di $4,4 \text{ mm}$.

- ▶ Quanto vale la pressione relativa del gas?

Suggerimento: ricorda che la pressione relativa è la differenza fra la pressione interna e la pressione atmosferica.

[$7,0 \times 10^4 \text{ Pa}$]

PROBLEMI GENERALI

5 ★★★ Vogliamo costruire un torchio idraulico che possa sollevare una massa di 1000 kg esercitando una forza di 350 N in corrispondenza di un tubo che ha un diametro di $4,00 \text{ dm}$.

- ▶ Qual è il valore della massa che si potrebbe mantenere sollevata direttamente con una forza di tale intensità?
- ▶ Quanto deve essere intensa una forza per mantenere sollevata direttamente una massa di 1000 kg ?
- ▶ Qual è il rapporto tra la forza necessaria a sollevare la massa direttamente e la forza che vogliamo esercitare?
- ▶ Qual è l'area della sezione maggiore del torchio idraulico, quella su cui deve appoggiare la massa da sollevare?

[36 kg ; $9,8 \text{ kN}$; 28 ; $3,5 \text{ m}^2$]

6 ★★★ Una calamita da frigorifero è costituita da un magnete di ferro (densità 7600 kg/m^3) di forma cilindrica sul quale è incollata una lastrina quadrata di legno (densità 540 kg/m^3). Il magnete ha un volume di $2,0 \text{ cm}^3$, mentre le dimensioni della lastrina sono $6,0 \text{ cm}$, $9,0 \text{ cm}$ e $1,0 \text{ cm}$.

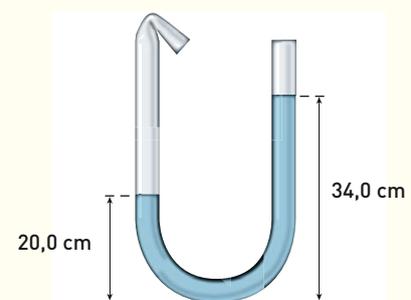
- ▶ Calcola la densità media della calamita.

Suggerimento: la densità media è il rapporto tra la massa totale e il volume totale.

- ▶ La calamita affonderà in acqua?

[$7,9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$]

15 ★★★ Un tubo di gomma a forma di U ha una estremità aperta e una chiusa ed è inizialmente vuoto. Si versa acqua nel tubo, fino ad arrivare alla situazione in cui l'acqua, in equilibrio, raggiunge, rispetto al livello di riferimento, nel ramo aperto l'altezza di $34,0 \text{ cm}$ e nel ramo chiuso l'altezza di $20,0 \text{ cm}$.



- ▶ La figura contraddice il principio dei vasi comunicanti? Perché?
- ▶ Quanto vale la pressione dell'aria rimasta nel ramo chiuso?
- ▶ Con un punteruolo pratici un foro nell'estremità chiusa del tubo. Quale altezza raggiunge adesso l'acqua in ciascuno dei due bracci?

[$1,02 \times 10^5 \text{ Pa}$]

16 *** Il nostro corpo è composto in gran parte di acqua. Non stupisce, quindi, che la densità media del nostro corpo sia molto simile a quella dell'acqua. È vero che le nostre ossa sono molto più dense dell'acqua, ma conteniamo anche cavità (come i polmoni e l'addome).

La densità media di un corpo umano è circa 990 kg/m^3 . Dopo un'inspirazione può scendere a 950 kg/m^3 , mentre dopo avere vuotato i polmoni sale fino a circa 1030 kg/m^3 .

► Sulla base di questi dati, pensi che sia difficile mantenersi a galla, per esempio «facendo il morto»? Se non si sa nuotare molto bene, a cosa bisogna fare attenzione per evitare di annegare in acque tranquille, per esempio in una piscina?

Un sub che si immerge con le bombole indossa dei pesi che gli permettono di discendere verso il basso.

► Quali sono le proprietà fisiche del subacqueo che sono cambiate con il contributo dei pesi? Quale forza, invece, non è modificata in modo apprezzabile da essi?

I subacquei vestono dei giubbotti ad assetto variabile che possono essere gonfiati di aria o sgonfiati secondo il bisogno.

► Come è possibile compensare con uno di questi giubbotti l'effetto dei pesi, se non si vuole scendere né salire?

17 *** Il termometro di Galileo è costituito da un cilindro di vetro riempito di un alcol la cui densità aumenta al diminuire della temperatura: da $778,67 \text{ kg/m}^3$ a 35°C fino a $787,15 \text{ kg/m}^3$ a 25°C . Nel cilindro si trovano delle palline di vetro colorate di raggio $0,800 \text{ cm}$, che hanno densità medie diverse tra loro e a cui sono appese delle targhette su cui è scritto un valore di temperatura. Al variare della temperatura dell'ambiente cadono sul fondo solo le palline con densità maggiore di quella del liquido: quella che si trova al livello più basso fra quelle galleggianti avrà densità appena inferiore a quella del liquido e quindi ne indica approssimativamente la temperatura.

► Calcola la massa di una pallina che galleggia a metà del cilindro alla temperatura di 35°C .

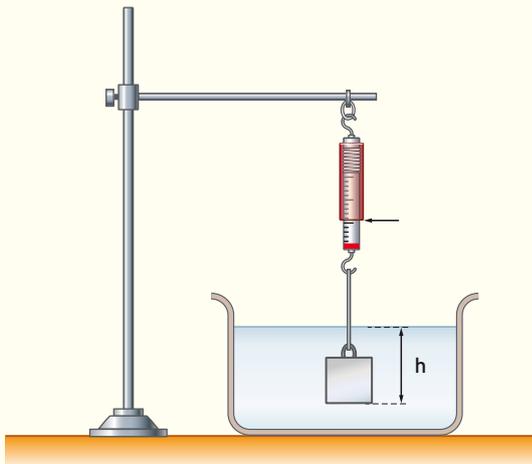
► Quanto vale la massa di una seconda pallina che galleggia nello stesso punto quando la temperatura scende a 25°C ?

► Quale forza risultante agisce su questa seconda pallina quando la temperatura è di 35°C ?

[1,67 g; 1,69 g; $2,00 \times 10^{-4} \text{ N}$]

TEST

15 Un piccolo cubo di metallo è sospeso a un dinamometro e si trova immerso a una profondità h dalla superficie di un liquido di un grande recipiente.

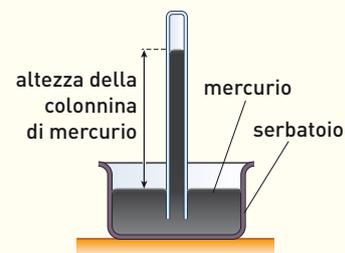


- Quali delle seguenti affermazioni sono corrette?
1. Il valore letto sul dinamometro dipende dalla densità del liquido nel recipiente.
 2. Il valore letto sul dinamometro è uguale alla spinta verso l'alto del liquido sul cubo di metallo.
 3. Il valore letto sul dinamometro aumenterà se la profondità h verrà aumentata.

- A Tutte e tre.
- B Sia la 1 che la 2.
- C Soltanto la 1.
- D Soltanto la 3.

(Tratto dai *Giocchi di Anacleto*, 2000)

16 Il diagramma mostra un semplice barometro a mercurio.



- Quale dei fatti seguenti NON provoca una variazione nell'altezza della colonna di mercurio?
- A Cambiamento nella pressione atmosferica.
 - B Cambiamento nel valore dell'accelerazione di gravità g .
 - C Evaporazione di un po' di mercurio dal serbatoio del barometro.
 - D Ingresso di aria nel tubo.

(Tratto dai *Giocchi di Anacleto*, 2001)

