

Statica dei fluidi

1. Definizione di fluido

Il termine fluido deriva dal latino “fluere”, che significa scorrere. Pertanto un fluido è una sostanza che può “scorrere”. A differenza dei corpi solidi che tendono ad essere rigidi e a mantenere la propria forma, i fluidi non hanno una forma propria, ma tendono ad assumere la forma del recipiente che li contengono. I fluidi si dividono in **liquidi** e **gas**: i liquidi sono fluidi *incomprimibili* (cioè a volume costante), mentre i gas sono *comprimibili* (possono cioè essere compressi facilmente in volume più piccolo di quello iniziale). I gas hanno una massa, anche se molto piccola rispetto alle altre sostanze.

2. Pressione

La pressione (p) è una grandezza fisica scalare, definita come il rapporto tra il modulo della forza, F , e l'area S della superficie su cui la forza è applicata.

$$p = \frac{F}{S}$$

L'unità di misura della pressione nel S.I. è il *pascal* (simbolo Pa), che ha preso il nome dallo scienziato francese Blaise Pascal (1623-1662):

$$1Pa = \frac{1 N}{1 m^2}$$

Poiché il *pascal* è un'unità di misura molto piccola, vengono spesso usate nella pratica altre unità di misura della pressione:

- il bar (simbolo *bar*): $1 bar = 10^5 Pa = 100 kPa = 100.000 Pa$;
- il millibar (simbolo *mbar*): $1 mbar = 10^2 Pa = 100 Pa = 1 hPa$; usato in meteorologia;
- l'atmosfera (simbolo *atm*): $1 atm = 101.325 Pa$;
- il millimetro di mercurio (simbolo *mmHg*): $1 mmHg = 133,33 Pa$; usato in campo medico.
- il chilogrammo su centimetro quadro (simbolo kg/cm^2): $1 kg/cm^2 = 98.000 Pa$; usato in campo tecnico.

Vediamo adesso a parità di forza applicata, da cosa dipende la pressione.

Una stessa forza può esercitare diverse pressioni, a seconda di quanto è estesa la superficie sulla quale la forza è applicata. Ad esempio, consideriamo quello che succede appoggiando un baule su un pavimento:

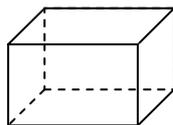


Figura 1

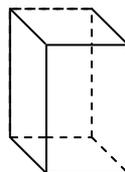


Figura 2

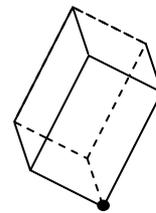


Figura 3

la forza che agisce sul pavimento è la forza peso del baule, uguale nei 3 casi raffigurati, poiché il baule è sempre lo stesso. Nel caso di figura 1, la superficie di appoggio è ampia; nel caso di figura 2 la superficie di appoggio è media e nel caso di figura 3 è molto piccola. Di conseguenza, la pressione esercitata dal baule sul pavimento sarà bassa nel 1° caso, media nel 2° e molto alta nel 3°, in cui tutta la forza è concentrata in un unico punto.

Esempio: perché per camminare sulla neve fresca è comodo usare le racchette.

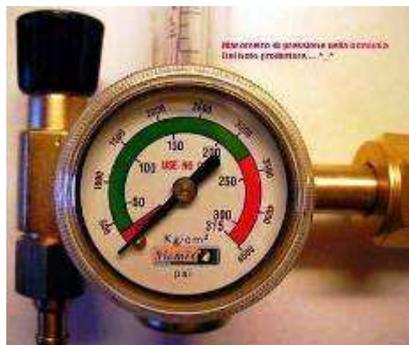
Lo scopo delle racchette per camminare sulla neve è quello di non affondare: l'applicazione della racchetta fa aumentare la superficie di appoggio sul terreno e così, a parità di forza peso della persona, una maggiore superficie fa diminuire la pressione sulla neve facendo diminuire la possibilità di affondare in essa.

Strumenti di misura della pressione

Gli strumenti per misurare la pressione prendono nomi e caratteristiche diverse a seconda del tipo di fluido e delle pressioni da misurare. Per misurare la pressione atmosferica si usa il **barometro**. Il **manometro** serve invece a misurare la pressione del gas racchiuso in un recipiente; con il manometro, ad esempio misuriamo la pressione delle gomme dell'auto. Infine ricordiamo lo **sfigmomanometro** (dal greco *sphygmós*) è lo strumento che serve per misurare la pressione arteriosa degli esseri viventi.



barometro



manometro



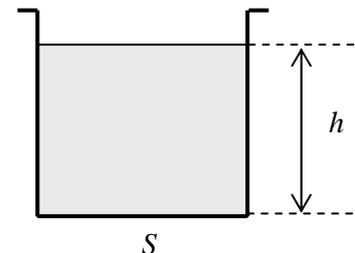
sfigmomanometro

3. Pressione esercitata da una colonna di liquido di altezza h - Legge di Stevino

Supponiamo che in un contenitore cilindrico di altezza h e superficie di base S si trovi un liquido di densità d .

La pressione esercitata dalla colonna di liquido sul fondo del contenitore è determinata dal peso della colonna di liquido.

$$p = \frac{F_{PESO}}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{V \cdot d \cdot g}{S}$$



Nella formula si è scritta la forza peso come uguale al prodotto della massa del liquido per l'accelerazione di gravità; si è poi scritta la massa come pari al prodotto della densità del liquido per il suo volume; ricordando che il volume di un cilindro è determinato dal prodotto dell'area di base (S) per l'altezza (h), si ottiene:

$$p = \frac{V \cdot d \cdot g}{S} = \frac{S \cdot h \cdot d \cdot g}{S} = g \cdot d \cdot h$$

Il risultato così ottenuto è di fondamentale importanza e va sotto il nome di legge di Stevino (dal nome dello scienziato fiammingo Simon Stevin, 1548-1620): la pressione esercitata da una colonna di liquido di altezza h è direttamente proporzionale ad h e alla densità del liquido:

$$p = g \cdot d \cdot h$$

Poiché nella formula precedente non compare S , la pressione non dipende in alcun modo dalla forma del recipiente. Inoltre è chiaro che all'interno del liquido tutti i punti che si trovano alla stessa

profondità sono alla stessa pressione. Inoltre, ad una determinata profondità, la pressione in un liquido è la stessa in ogni direzione.

Se nei tre recipienti di figura 5 c'è lo stesso liquido, sul fondo di ognuno di essi troveremo sempre la stessa pressione. Se nei tre recipienti di figura 6 c'è ancora lo stesso liquido, troveremo sul fondo di ognuno di essi tre diverse pressioni: la pressione sarà maggiore nel recipiente di altezza h_3 e minore in quello di altezza h_1 .

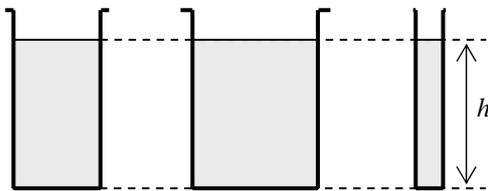


Figura 4

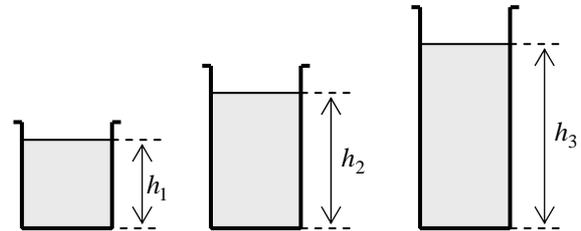


Figura 5

Sottolineiamo il fatto che la legge di Stevino vale solo per i liquidi e non per i gas. Poiché un gas è comprimibile, la sua densità non rimane costante.

Pressione atmosferica

La pressione atmosferica è determinata dal peso della colonna di aria che grava sulle nostre teste; tale colonna di aria si estende per un'altezza di un centinaio di chilometri. È come se noi vivessimo sul fondo di un trasparente oceano di aria. Così come un pesce è sottoposto alla pressione dell'acqua che ha sopra di sé, anche noi subiamo la pressione dell'aria che ci sovrasta.

In condizioni medie la pressione atmosferica a livello del mare vale proprio 1 *atmosfera*, cioè 101.325 Pa. Anzi, si può dire che l'unità di misura *atmosfera* è stata proprio definita come la pressione media a livello del mare.

Via via che si sale di quota, la colonna d'aria che grava diviene meno alta e, conseguentemente, la pressione diminuisce. Nella tabella a lato vediamo come la pressione atmosferica diminuisce con l'aumentare della quota.

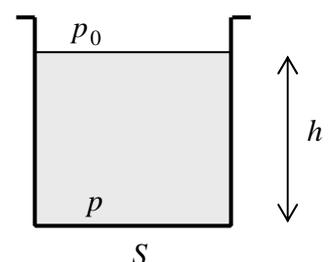
quota	pressione
Livello del mare	1.013 mb
Altitudine 3.000 m	700 mb
Altitudine 5.500 m	500 mb
Altitudine 7.000 m	400 mb
Altitudine 9.000 m	300 mb
Altitudine 11.000 m	225 mb
Altitudine 16.000 m	96 mb
Altitudine 21.000 m	41 mb

La diminuzione della pressione con la quota determina degli effetti interessanti. Alla quota di 5.500 m l'ossigeno è ridotto della metà (come la pressione) ed è insufficiente alla respirazione. Quando si superano determinate altitudini diminuisce la pressione parziale dell'O₂ nell'aria inspirata e di conseguenza si determina una condizione di *anossia*. Anche i motori d'aviazione risentono, nella carburazione in quota, della diminuzione di pressione; per volare ad altitudini superiori ai 3.000 metri sono necessari per i piloti e per i passeggeri dispositivi speciali con inalatori d'ossigeno, cabine pressurizzate, ecc. Man mano che si sale in quota la pressione decresce di più nell'aria fredda, più densa, che nell'aria calda. Per conseguenza si possono verificare i così detti vuoti d'aria determinati da variazioni della pressione per effetto di locali rapide variazioni di temperatura.

Legge di Stevino generalizzata

La pressione sul fondo del contenitore non dipende solo dal peso della colonna di liquido, ma anche dalla pressione atmosferica presente sulla superficie superiore libera del liquido stesso.

Indicata con p_0 la pressione atmosferica, la pressione complessiva sul fondo del contenitore è allora data dalla formula:



$$p = g \cdot d \cdot h + p_0$$

Questa espressione prende il nome di *legge di Stevino generalizzata*.

La pressione sotto il livello del mare

La pressione al di sotto del livello del mare aumenta ovviamente con la profondità. Si può calcolare in base alla formula precedente che essa aumenta all'incirca di un'atmosfera ogni 10 metri di profondità; quindi, se a livello del mare la pressione vale 1 atmosfera, a 10 metri di profondità varrà 2 atmosfere, a 20 metri 3 atmosfere, a 100 metri 11 atmosfere, a 1000 metri 101 atmosfere. È per questo motivo che per scendere ad elevate profondità marine occorrono i *batiscafi*, che sono dei speciali sottomarini con elevata resistenza alla pressione dell'acqua.

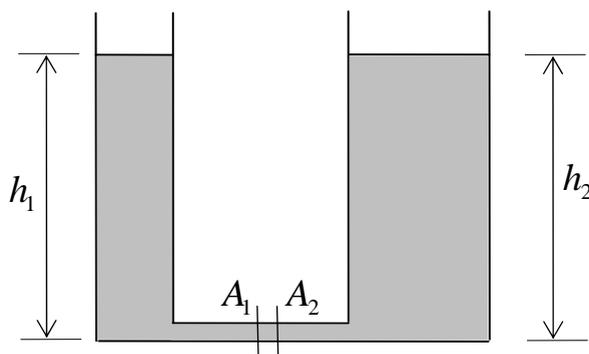
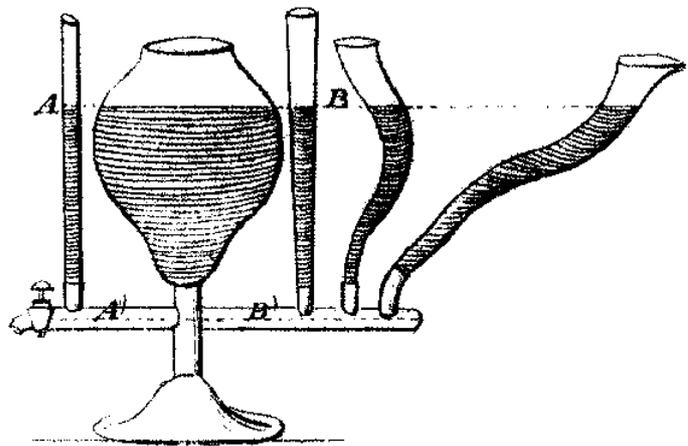
Principio dei vasi comunicanti

Per *vasi comunicanti* si intende un insieme di recipienti di forme e dimensioni diverse che comunicano fra loro attraverso un tubo.

Se si versa dell'acqua (o un qualsiasi altro liquido) in uno qualsiasi dei recipienti, essa passerà attraverso il tubo di comunicazione e raggiungerà lo stesso livello in tutti i recipienti, indipendentemente dal loro numero.

Il principio dei vasi comunicanti si enuncia allora così: *dati più recipienti, anche di forma diversa, un qualsiasi liquido versato in uno di essi raggiunge lo stesso livello in tutti i recipienti.*

Il principio si spiega con la legge di Stevino:



Consideriamo per semplicità due soli recipienti e un piccolo strato di liquido delimitato dalle superfici A_1 e A_2 uguali, al centro del tubo di comunicazione. La pressione su A_1 ($p_1 = p_0 + g \cdot d \cdot h_1$) spinge il liquido verso destra; la pressione su A_2 ($p_2 = p_0 + g \cdot d \cdot h_2$) spinge il liquido verso sinistra. Poiché il liquido è in equilibrio le due pressioni sono uguali:

$$p_0 + g \cdot d \cdot h_1 = p_0 + g \cdot d \cdot h_2$$

Cancellando i termini uguali p_0 e dividendo entrambi i membri per $g \cdot d$ si ottiene:

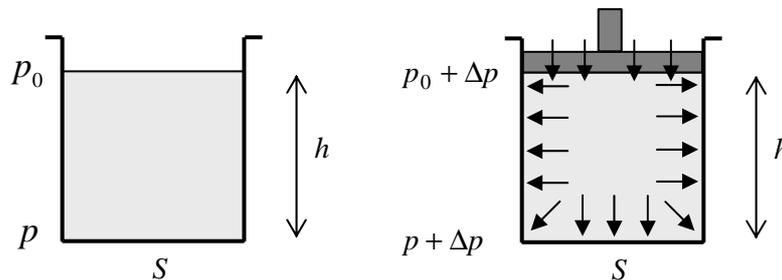
$$h_1 = h_2$$

cioè l'altezza del liquido deve essere la stessa in entrambi i vasi.

4. Legge di Pascal

Consideriamo ora il recipiente dell'esperienza precedente: poniamo su di esso uno stantuffo al quale applichiamo una forza F diretta verso il basso. Di conseguenza, la pressione sulla parte supe-

riore del liquido aumenta di una quantità Δp , dovuta alla forza con cui viene spinto lo stantuffo; ciò determina un aumento della pressione anche negli altri punti del liquido, ma in che misura? A questo risponde il principio o legge di Pascal: la pressione aumenta dello stesso quantitativo Δp in tutti i punti del liquido.

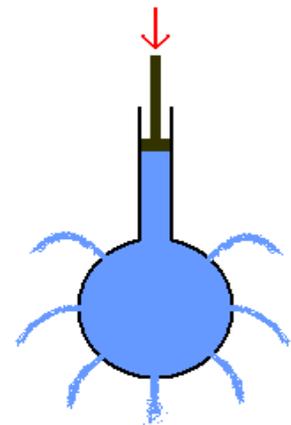


La variazione di pressione in ogni punto del fluido è uguale sempre a Δp . Allora la pressione sul fondo sarà data da:

$$p = g \cdot d \cdot h + p_0 + \Delta p$$

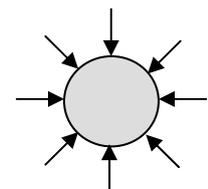
Il principio o legge di Pascal afferma che la pressione esercitata su una superficie qualsiasi di un fluido si trasmette senza diminuzioni, con la stessa intensità, a ogni porzione del fluido e alle pareti del recipiente contenitore, indipendentemente dall'orientamento. Tale principio è valido per i liquidi e anche per i gas.

Supponiamo di avere un palloncino forato pieno d'acqua e provvisto di un pistone. Premendo il pistone, l'acqua zampilla in modo uguale da tutti i fori: ciò accade poiché la pressione esercitata dal pistone si trasmette in modo uguale in ogni punto del liquido e delle pareti.



Perché non ci rendiamo conto della pressione atmosferica

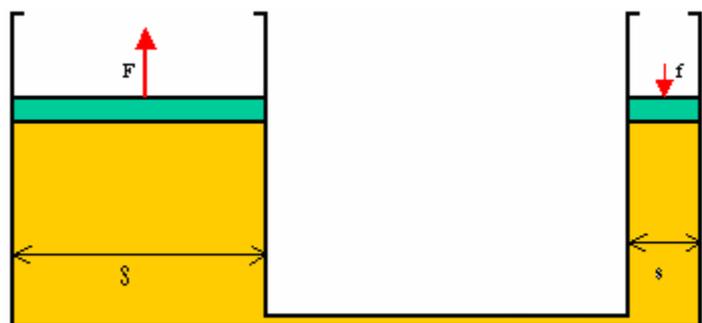
Noi non ci rendiamo quasi conto della pressione atmosferica poiché, per la legge di Pascal, essa si esercita con la stessa intensità su tutte le superfici, comunque siano orientate. Noi siamo soggetti alla pressione atmosferica non solo sulla nostra testa, ma anche sulle tempie, sotto il collo, su ogni parte del nostro corpo e quindi, poiché le varie spinte che riceviamo si equilibrano vicendevolmente, difficilmente ci rendiamo conto della sua presenza.



Il torchio idraulico

Il torchio idraulico consente di sollevare un peso grande mediante una forza piccola. È costituito da due cilindri di dimensioni diverse, pieni di liquido e collegati tra loro, e da due pistoni, come schematizzato nella figura seguente. Indichiamo con s la superficie del pistone di destra e con S la superficie del pistone di sinistra.

Supponiamo ora di applicare una forza f al pistone di destra: essa determinerà una pressione p sul liquido. In base alla legge di Pascal tale pressione si trasmetterà inalterata a tutto il liquido e quindi anche al pistone di sinistra.



L'uguaglianza delle due pressioni sulle superfici S ed s si scrive:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{f}{s} \quad \text{da cui:} \quad F = \frac{S}{s} \cdot f$$

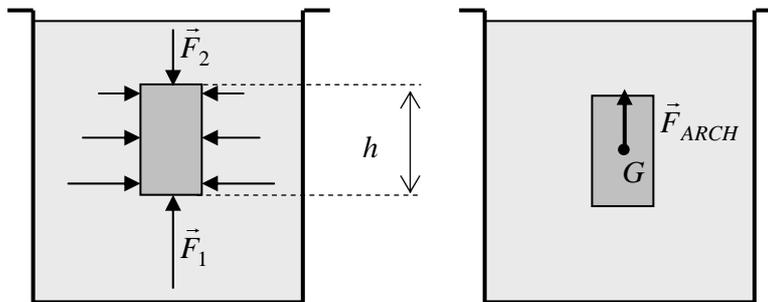
La forza ottenuta al pistone di sinistra è data dal prodotto della forza f per il rapporto tra la superficie maggiore e la superficie minore, che può essere anche molto grande. Il torchio idraulico può perciò essere visto come un moltiplicatore di forza. Esso funziona perché i liquidi sono incompressibili: ad un abbassamento di un certo volume di liquido nel ramo di destra del torchio corrisponde un innalzamento, dovuto allo stesso volume di liquido, nell'altro ramo.

5. La legge di Archimede

La legge di Archimede afferma che *un corpo immerso in un fluido (liquido o gas) riceve una spinta (una forza) verticale diretta dal basso verso l'alto uguale al peso del fluido che esso sposta ed applicata al centro di gravità del fluido spostato, o centro di spinta.*

Tale legge fu genialmente scoperta da Archimede di Siracusa, il più grande scienziato dell'antichità, nel terzo secolo A. C., ben prima delle legge di Stevino o del principio di Pascal.

Vediamo come si può spiegare intuitivamente la legge di Archimede. Il corpo, di tipo cilindrico, sia totalmente immerso un fluido, come in figura. Sulla sua superficie agiranno delle forze dovute alla pressione del fluido, di differente intensità. Sulle pareti laterali le forze agenti si equilibrano perfettamente le une con le altre; sulla faccia inferiore, posta a maggiore profondità (e quindi a maggiore pressione), agisce la forza F_1 , superiore in modulo alla forza F_2 agente sulla faccia superiore. In conclusione, vi sarà una forza netta esercitata dal fluido, applicata nel baricentro del corpo, che lo sospinge verso l'alto: tale forza viene denominata usualmente *spinta di Archimede*.



Osservando la figura precedente, la forza netta esercitata dal fluido è data da:

$$F_{\text{ARCHIMEDE}} = F_1 - F_2 = p_1 \cdot S - p_2 \cdot S = S \cdot (p_1 - p_2)$$

ora, la differenza di pressione $p_1 - p_2$ è data, secondo la legge di Stevino, dal prodotto dell'altezza h per la densità d del fluido per l'accelerazione di gravità g :

$$F_{\text{ARCHIMEDE}} = S \cdot (p_1 - p_2) = S \cdot h \cdot d \cdot g$$

ed, essendo $S \cdot h$ uguale al volume del solido immerso, si ha:

$$F_{\text{ARCHIMEDE}} = S \cdot h \cdot d \cdot g = V \cdot d \cdot g$$

Il prodotto tra un volume ed una densità danno una massa; nella formula c'è il volume V del solido e la densità d del fluido; il loro prodotto dà quindi come risultato la massa m che avrebbe una por-

zione di fluido occupante lo stesso volume del corpo solido. Infine il prodotto della massa m per l'accelerazione di gravità g dà il peso che avrebbe una parte di fluido occupante lo stesso volume del corpo solido.

$$F_{ARCHIMEDE} = m_{FLUIDO\ SPOSTATO} \cdot g = Peso_{FLUIDO\ SPOSTATO}$$

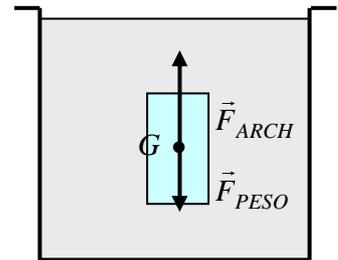
Il galleggiamento dei corpi

Vediamo infine tre casi di applicazione del principio di Archimede, tenendo presente che un corpo immerso in un fluido non è soggetto solo alla spinta di Archimede, ma anche alla forza peso, diretta sempre ovviamente verso il basso.

a. Un corpo, totalmente immerso in un fluido, risale verso l'alto

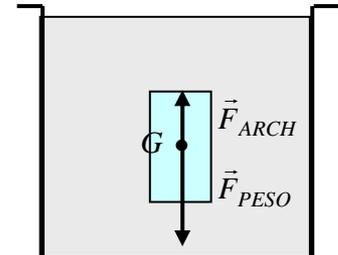
Un corpo, totalmente immerso in un fluido, risale verso l'alto quando la spinta di Archimede (diretta verso l'alto) risulta maggiore della forza peso (diretta verso il basso): il corpo riceve una forza netta rivolta verso l'alto. Si può vedere che questo succede quando il peso specifico dell'oggetto immerso nel fluido è inferiore del peso specifico del fluido stesso.

È la tipica situazione che si verifica quando immergiamo in acqua un pallone o un oggetto "più leggero" dell'acqua stessa. Il galleggiamento delle barche e delle navi rientra in questa situazione, così come il volo delle mongolfiere o dei palloncini di elio dei bambini.



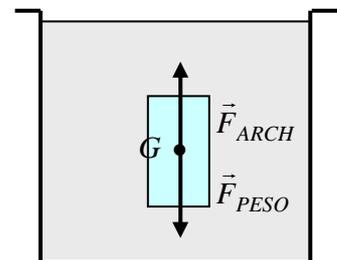
b. Un corpo, totalmente immerso in un fluido, "affonda" verso il basso

Un corpo, totalmente immerso in un fluido, scende verso il basso quando la spinta di Archimede (diretta verso l'alto) risulta minore della forza peso (diretta verso il basso): il corpo riceve una forza netta rivolta verso il basso. Si può vedere che questo succede quando il peso specifico dell'oggetto immerso nel fluido è superiore al peso specifico del fluido stesso. Ciò succede quando, ad esempio, immergiamo in acqua un sasso o un oggetto "più pesante" dell'acqua stessa.



c. Immergiamo in un fluido un oggetto con densità uguale a quella del fluido

In tal caso la forza peso (diretta verso il basso) ha la stessa intensità della forza di Archimede (diretta verso l'alto) e quindi la forza netta agente sul corpo rigido è nulla: il corpo resta pertanto in equilibrio indifferente, senza affondare né salire a galla.



In conclusione, possiamo dire che *un corpo affonda, galleggia o sale* quando la sua densità è rispettivamente maggiore, uguale o minore di quella del liquido.

6. Proprietà dei corpi a pressioni molto elevate

Le proprietà dei corpi a pressioni molto elevate, dell'ordine di decine di migliaia di atmosfere, subiscono profonde modificazioni. I più importanti studi in questo campo sono dovuti al fisico americano P. W. Bridgman, che riuscì a produrre pressioni di 300.000 *atm*. In queste condizioni, le proprietà dei corpi sono trasformate: la densità dell'aria diventa superiore a quella dell'acqua in condizioni normali; i gas non sono compressibili; le temperature di fusione manifestano variazioni sensibilissime; gli oli minerali acquistano una rigidità superiore a quella dell'acciaio; compaiono nuove varietà allotropiche; le reazioni chimiche sono fortemente attivate; le tossine e i virus possono essere attenuati, e mutano le loro proprietà anafilattiche.

7. Pressione sanguigna

La *pressione sanguigna* è realizzata dalle contrazioni cardiache che spingono il sangue nelle arterie e dalla resistenza opposta dalle arterie e dai capillari, pertanto il suo valore è legato alla forza contrattile del cuore, all'elasticità delle pareti vasali, alla massa di sangue circolante, alla sua viscosità, ecc. La pressione sanguigna (misurabile mediante sfigmomanometri) varia in relazione ai momenti funzionali del cuore e passa da un massimo di 120-140 mm/hg al momento della sistole a un minimo di 60-80 mm/hg al momento della diastole allorché il sangue, non potendo refluire nel cuore a causa delle valvole aortiche, scorre alla periferia e raggiunge valori tanto più bassi, quanto più è agevole il flusso verso i capillari. Durante la sistole le pareti vasali assorbono una parte dell'energia di pressione che si trasforma in energia elastica per cui si determina un'onda di pressione (responsabile della pulsazione delle arterie) che si spegne progressivamente; durante la diastole l'energia elastica si trasforma di nuovo in energia di pressione per cui la pressione del sangue nei vasi diminuisce ma senza scendere al di sotto del valore minimo perché sopravviene una nuova sistole. A livello capillare il valore della pressione è basso (10-30 mm/hg) e costante, cioè non variabile in rapporto alle contrazioni cardiache, ma può aumentare se è ostacolato il passaggio del sangue nelle vene.

Nelle vene la pressione sanguigna è ugualmente indipendente dai cicli cardiaci: leggermente superiore allo zero nei grossi vasi vicini al cuore (5- 10 mm/hg nelle vene cave), è più elevata a livello degli arti inferiori, soprattutto nella stazione eretta, e può elevarsi ulteriormente in caso di insufficienza valvolare; ha valori bassi nelle vene situate superiormente alle cave e può anche diventare inferiore a quella atmosferica, come si verifica nelle giugulari in cui una lesione di continuo può provocare un'aspirazione d'aria e un'embolia gassosa al polmone.

All'interno del cuore la pressione sanguigna è molto variabile in relazione alla cavità considerata e al momento funzionale. Il mantenimento della pressione sanguigna entro valori costanti è realizzato dall'interazione di meccanismi neuroumorali che agiscono sul tono vasale; tuttavia tali valori possono variare, nell'ambito della normalità, entro limiti relativamente ampi in rapporto all'età, al sesso, alla costituzione individuale.

8. Approfondimento sulla pressione atmosferica

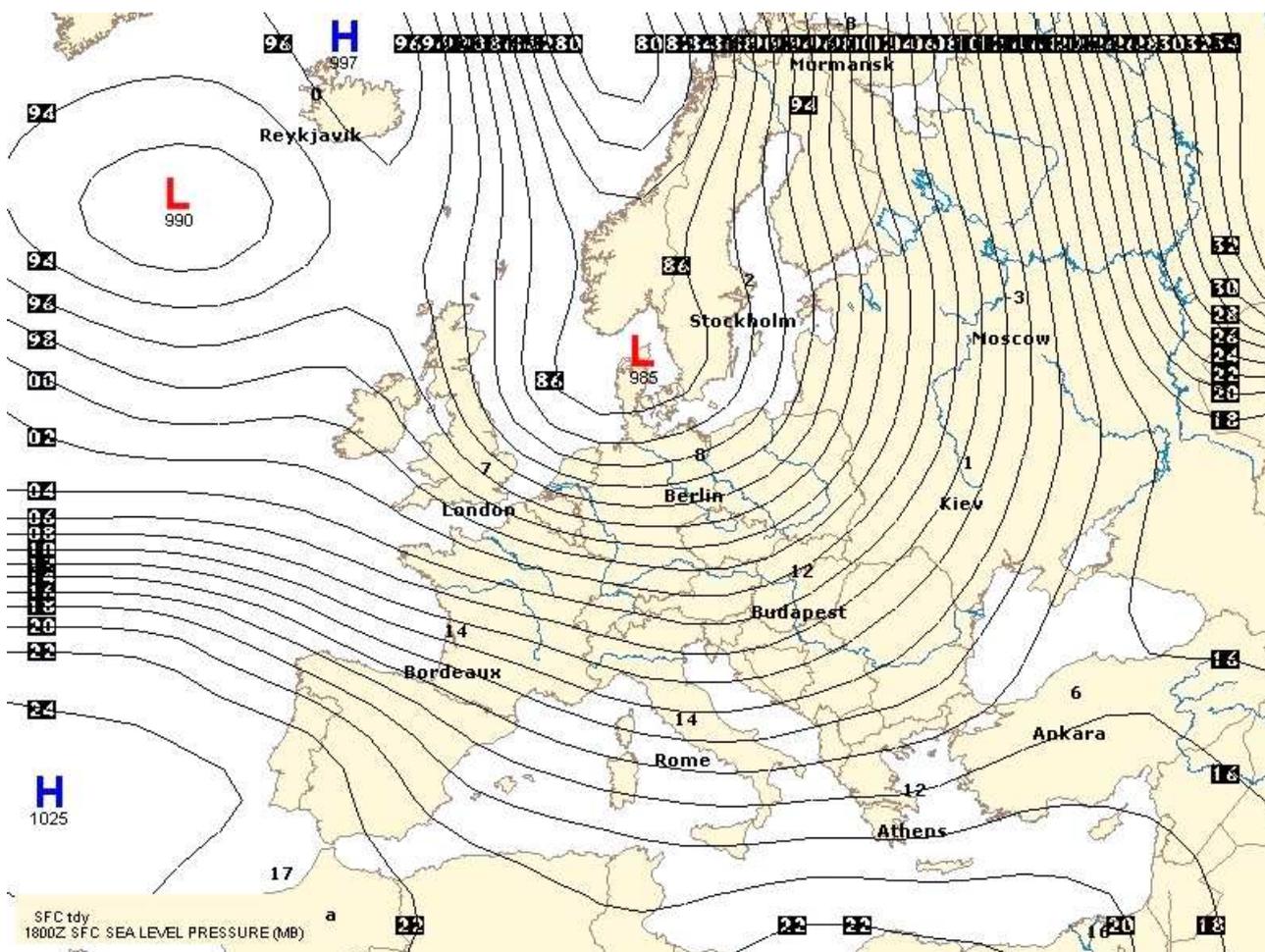
La *pressione atmosferica*, a causa della continua agitazione dell'atmosfera, è sempre in evoluzione e variazione e con essa il tempo meteorologico che governa e determina gran parte delle attività umane e influisce in modo ancora oscuro sul nostro equilibrio psichico-biologico.

La misura della pressione più precisa viene effettuata con il barometro a mercurio, di cui sono dotate le stazioni meteo tradizionali del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica. Altri barometri hanno come elemento sensibile capsule metalliche, all'interno delle quali è quasi completamente tolta l'aria, per cui si deformano sotto il peso dell'atmosfera. Dalla diversa deformazione si risale al valore della pressione.

Il principio su cui si basa il funzionamento del barometro a mercurio è frutto della nota esperienza di Torricelli, per la quale la forza (peso) esercitata da una colonna di mercurio è capace di equilibrare la pressione atmosferica ad un certo istante e in un dato luogo. Lo strumento si compone di una

canna di vetro, sulla quale è riportata una scala graduata in *mm* e *ettopascal*, e di un pozzetto, in cui si raccoglie il mercurio. Il diverso peso dell'atmosfera sul mercurio del pozzetto fa salire o scendere il liquido lungo la canna di vetro. La effettiva misurazione della pressione richiede particolari accorgimenti per poter comparare i valori rilevati da stazioni posizionate a quote e latitudini diverse (la pressione, a parità di altre condizioni, diminuisce con l'altezza e verso l'equatore, perché diminuisce la forza di gravità). Inoltre per il barometro a mercurio, dato che l'elemento sensibile si dilata o si contrae in funzione della temperatura, è necessario apportare anche una correzione termica.

Le variazioni della pressione sono alla base di tutti i fenomeni meteorologici, quindi è molto importante rappresentare la distribuzione di questo parametro sulle diverse zone della superficie terrestre, per controllare e prevedere l'evoluzione del tempo. Pertanto le osservazioni effettuate simultaneamente, ad una determinata ora sinottica, vengono riportate mediante appropriata simbologia su una carta geografica della regione di interesse. Su questa carta vengono tracciate le *isobare*, linee che congiungono tutti i punti in cui si ha la stessa pressione atmosferica. Di solito su carte a scala emisferica vengono tracciate alla distanza di 4 hPa l'una dall'altra. Dalla forma che assumono le configurazioni bariche è possibile individuare le zone di alta e bassa pressione, evidenziate con le lettere A o H (*High Pressure*) per anticiclone e B o L (*Low Pressure*) per la depressione. In un anticiclone i valori di pressione aumentano dalla periferia verso il centro, dove si trova il massimo, mentre in una depressione avviene il contrario.



sioni. Poi alle differenti configurazioni si possono associare, in prima battuta, diversi tipi di tempo. Ad una depressione, generalmente, è associata una nuvolosità più estesa e compatta, con fenomeni più frequenti, sulla parte orientale e una nuvolosità più rotta, ma con fenomeni anche violenti come rovesci e temporali, sulla parte occidentale. Alle alte pressioni si può solitamente associare un tempo stabile, ma talvolta con le insidie portate dalla formazione di nebbie.

Altra carta utile è quella delle *isallobare*, linee che congiungono punti di uguale variazione di pressione. Elaborata con frequenza trioraria, si chiama, più comunemente, carta delle tendenze barometriche: permette di individuare le aree in cui la pressione tende ad aumentare o a diminuire, anticipando così la direzione che seguiranno gli anticicloni e le basse pressioni. La carta delle isobare e quella delle tendenze sono trasmesse dal Ser. Meteorologico dell'Aeronautica via facsimile, quattro volte al giorno, secondo un programma nazionale sulla frequenza 8146,6 KHZ.

