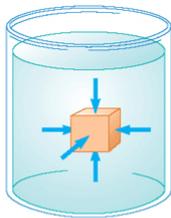


Serway, Jewett  
Principi di Fisica  
IV Ed.  
Capitolo 15



Serway, Jewett – Principi di Fisica, IV Ed. – Capitolo 15



**FIGURA 15.1** La forza esercitata dal fluido su un corpo immerso è perpendicolare in ogni punto alla superficie del corpo. La forza del fluido sulle pareti del recipiente è perpendicolare alle pareti in ogni punto.

Serway, Jewett  
Principi di Fisica, IV Ed.  
EdiSES

Un fluido è un insieme di molecole tenute insieme da deboli forze di coesione e da forze esercitate dalla parete del contenitore (possono essere sia liquidi che gas).

**Pressione:** Applichiamo una forza su un oggetto esteso per esempio un libro. La forza in generale avrà due componenti una perpendicolare alla superficie e una parallela. Quella parallela potrebbe causare una deformazione dell'oggetto (forza di taglio). In generale i fluidi non sostengono forze di taglio. Per esempio se applichiamo una forza di taglio sull'acqua non abbiamo effetto, la mano scivola senza attrito. Quindi nei fluidi possiamo avere solo forze perpendicolari alla superficie.

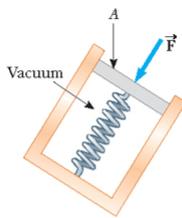
Definizione di pressione

$$P \equiv \frac{F}{A}$$

Unità di misura Pascal

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

EdiSES



**FIGURA 15.2** Un semplice strumento per misurare la pressione in un fluido.

 Serway, Jewett  
Principi di Fisica, IV Ed.  
EdiSES

Per misurare la pressione di un fluido possiamo usare un dispositivo come questo.

Pressione atmosferica: L'atmosfera esercita una pressione sulla superficie della terra (e su tutti i corpi posti sulla superficie). Questa pressione che è stata misurata da Torricelli vale:

$$P_0 = 1 \text{ atm} = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$



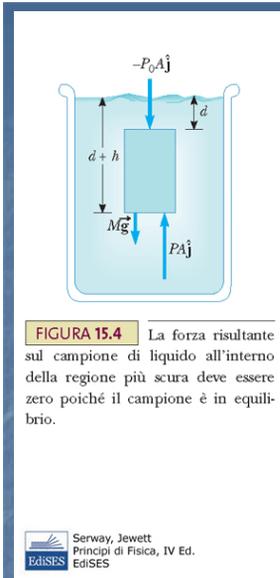
**FIGURA 15.3** Le racchette evitano che la persona affondi nella neve soffice distribuendo il suo peso su una superficie più grande, riducendo così la pressione sulla superficie della neve.

 Serway, Jewett  
Principi di Fisica, IV Ed.  
EdiSES

Le racchette diminuiscono la pressione.

Per esempio se l'area dello scarpone fosse  $A_0$  e l'area delle racchette  $A_1$  con  $(A_1/A_0) = 10$  Di quanto diminuirebbe la pressione esercitata?





**FIGURA 15.4** La forza risultante sul campione di liquido all'interno della regione più scura deve essere zero poiché il campione è in equilibrio.

Serway, Jewett  
Principi di Fisica, IV Ed.  
EdiSES

Serway, Jewett – Principi di Fisica, IV Ed. – Capitolo 15

### Variation of pressure with depth

Consideriamo una porzione di fluido contenuto nel cilindro di area di base  $A$  e altezza  $h$ . La porzione di fluido è fermo. Allora per la seconda legge di Newton la forza risultante che agisce sull'elemento deve essere nulla.

$$\sum F_y = 0$$

$$PA - P_0 A - Mg = 0$$

$$PA = P_0 A + Mg = P_0 A + \rho V g = P_0 A + \rho A h g$$

$$P = P_0 + \rho g h$$

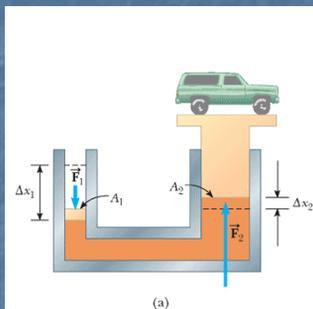
Nota come legge di Stevino

Legge di Pascal: ogni variazione di pressione applicata ad un fluido chiuso è trasmessa integralmente a tutto il fluido e alle pareti del contenitore.



Serway, Jewett – Principi di Fisica, IV Ed. – Capitolo 15

### Operation of the hydraulic press.

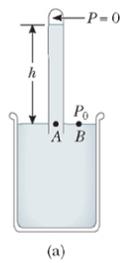


**FIGURA 15.5** (a) Schema di una leva idraulica. (b) Un veicolo in riparazione.

$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1 \gg F_1$$





(a)

y, Jewett – Principi di Fisica, IV Ed. – Capitolo 15

Misura della pressione atmosferica: Barometro a mercurio di Torricelli:

$$P_0 = \rho g h = \rho_{\text{Hg}} g h_{\text{Hg}} =$$

$$h_{\text{Hg}} = \frac{P_0}{\rho_{\text{Hg}} g} = \frac{1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{13600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2} = 0.76 \text{ m}$$



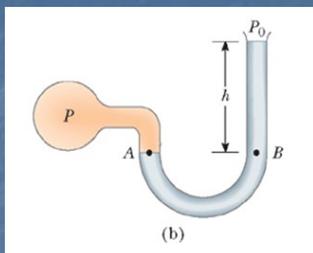
Barometro ad acqua:

(Densità Hg/Densità Acqua) = 13.6

$h_{\text{acqua}}/h_{\text{Hg}} = 13.6 \cdot 0.76 = 10 \text{ m}$



Serway, Jewett – Principi di Fisica, IV Ed. – Capitolo 15

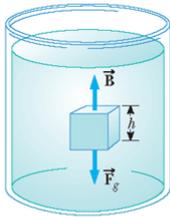


(b)

Manometro a tubo aperto

$$P = P_0 + \rho g h$$





**FIGURA 15.8** Le forze esterne agenti sul cubo d'acqua sono la forza di gravità  $\vec{F}_g$  e la spinta  $\vec{B}$ . In condizioni di equilibrio,  $B = F_g$ .

Serway, Jewett  
Principi di Fisica, IV Ed.  
EdiSES

Principio di Archimede

$$\sum F_y = 0 \quad B - F_g = 0$$

$$F_g = Mg \quad B = Mg$$

Se sostituiamo il volumetto di fluido con quello di un corpo di stesso volume, B non cambia.

Ulteriore Dimostrazione:

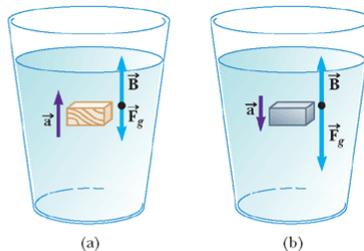
$$\sum F_{\text{liquido}} = B = F_{\text{basso}} - F_{\text{alto}}$$

$$B = P_{\text{basso}} A - P_{\text{alto}} A = \Delta P A = \rho_f g h A$$

$$B = Mg$$

EdiSES

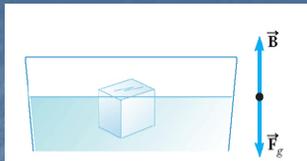
**FIGURA 15.9** ((a) Un corpo completamente immerso, con una densità minore di quella del fluido, subirà una forza risultante diretta verso l'alto. (b) Un corpo completamente immerso, con una densità maggiore di quella del fluido, affonderà.



Serway, Jewett  
Principi di Fisica, IV Ed.  
EdiSES

EdiSES

Serway, Jewett – Principi di Fisica, IV Ed. – Capitolo 15



**FIGURA 15.10** Un oggetto che galleggia sulla superficie di un fluido è soggetto a due forze: la forza gravitazionale  $\vec{F}_g$  la spinta di Archimede  $\vec{B}$ . Poiché l'oggetto galleggia in equilibrio,  $B = F_g$ .

Serway, Jewett  
Principi di Fisica, IV Ed.  
EdiSES

Chiamiamo con  $V_0$  il volume totale e con  $V$  il volume immerso.  $\rho_o$  la densità dell'oggetto e  $\rho_F$  la densità del liquido.

$$\frac{\rho_o}{\rho_F} = \frac{V}{V_0}$$



Serway, Jewett – Principi di Fisica, IV Ed. – Capitolo 15

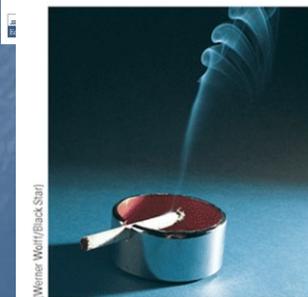
### Dinamica dei fluidi



Fluido in moto stazionario o laminare: i cammini seguiti dalle diverse particelle che costituiscono il fluido non si intersecano. In queste condizioni la velocità rimane costante nel tempo.

Moto turbolento: per velocità al di sopra della velocità critica il moto del fluido diventa irregolare con creazione di vortici.

Viscosità indica il grado di attrito interno nel flusso di un fluido. La viscosità rappresenta una forza non conservativa (conversione di una parte dell'energia in energia interna).



### Fluidi ideali e fluidi reali

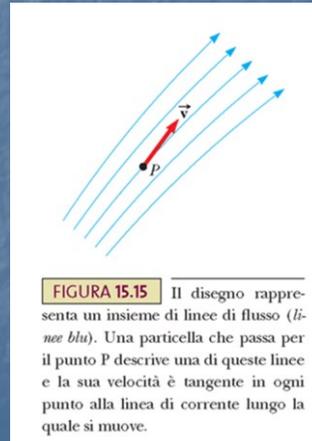


Serway, Jewett – Principi di Fisica, IV Ed. – Capitolo 15

Fluidi Ideali:

- 1) Fluido non viscoso
- 2) Fluido incompressibile (densità costante indipendentemente dalla pressione)
- 3) Flusso stazionario:  $v$  in ogni punto non varia nel tempo
- 4) Flusso irrotazionale: una piccola ruota immersa nel fluido non ruota attorno al suo centro di massa (moto turbolento non è irrotazionale).

Linea di corrente: cammino seguito da una particella di un fluido in moto con flusso stazionario. Nel flusso stazionario due linee di corrente non possono intersecarsi.

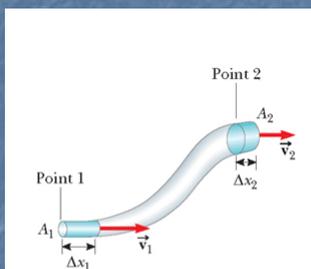


**FIGURA 15.15** Il disegno rappresenta un insieme di linee di flusso (linee blu). Una particella che passa per il punto P descrive una di queste linee e la sua velocità è tangente in ogni punto alla linea di corrente lungo la quale si muove.



Serway, Jewett – Principi di Fisica, IV Ed. – Capitolo 15

Equazione di continuità: Consideriamo un fluido in moto stazionario. Il volume del fluido incompressibile si conserva. Consideriamo la porzione di fluido compresa tra il punto 1 e il punto 2. Nel punto 1 entra nuovo fluido e nel punto 2 esce. Il volume che entra deve essere uguale a quello che esce.



**FIGURA 15.16** Un fluido in moto stazionario attraverso un tubo di sezione variabile. Il volume di fluido che attraversa  $A_1$  in un tempo  $\Delta t$  è uguale al volume di fluido che attraversa  $A_2$  nello stesso intervallo di tempo.

$$A_1 \Delta x_1 = A_2 \Delta x_2$$

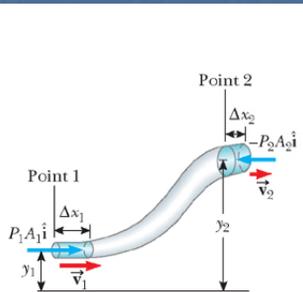
$$A_1 \frac{\Delta x_1}{\Delta t} = A_2 \frac{\Delta x_2}{\Delta t}$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Il prodotto  $Av$  ha le dimensioni di  $m^3/s$  e si chiama portata.

Il prodotto tra area e velocità del fluido in tutti i punti di un condotto è costante.





**FIGURA 15.17** Un fluido che scorre in un tubo di sezione trasversale variabile. I volumi del fluido nelle due sezioni sono uguali.

Serway, Jewett  
Principi di Fisica, IV Ed.  
EdiSES

### Teorema di Bernoulli

$$W_1 = F_1 \Delta x_1 = P_1 A_1 \Delta x_1 = P_1 V$$

$$W_2 = -F_2 \Delta x_2 = -P_2 A_2 \Delta x_2 = -P_2 V$$

$$W = W_1 + W_2 = (P_1 - P_2) V$$

$$W = -mg(y_2 - y_1) \quad \text{Lavoro della forza di gravità}$$

$$= -\rho V g (y_2 - y_1)$$

$$W = \Delta K$$

Teorema del lavoro e dell'energia cinetica



$$\rho V g (y_1 - y_2) + (P_1 - P_2) V = \frac{1}{2} \rho V v_2^2 - \frac{1}{2} \rho V v_1^2$$

$$\rho V g y_1 + P_1 V + \frac{1}{2} \rho V v_1^2 = \rho V g y_2 + P_2 V + \frac{1}{2} \rho V v_2^2$$

Dividiamo per V

$$\rho g y + P + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{cost}$$

Termine potenziale + pressione + termine cinetico = costante



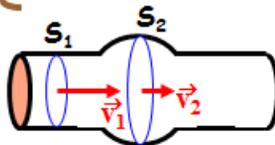
Serway, Jewett – Principi di Fisica, IV Ed. – Capitolo 15

## ■ Stenosi ed aneurisma

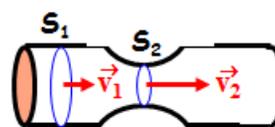
### Aneurisma e stenosi

Vaso sanguigno in posizione orizzontale ( $h_1 = h_2$ ):

Bernoulli  $\rightarrow \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 + p_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 + p_2$   
 Eq. continuità  $\rightarrow Q = S_1 v_1 = S_2 v_2$



**ANEURISMA**  
 $v_2 < v_1 \rightarrow p_2 > p_1$

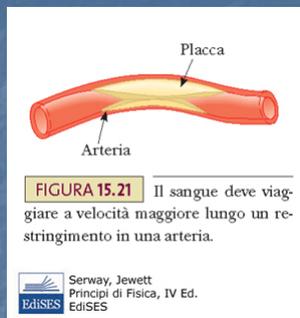


**STENOSI**  
 $v_2 > v_1 \rightarrow p_2 < p_1$

Fenomeni irreversibili, tendono a cronicizzare:  
 l'aneurisma tende a espandersi, la stenosi a restringersi



Serway, Jewett – Principi di Fisica, IV Ed. – Capitolo 15

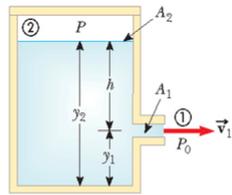


Flutter vascolare: sintomo dell'arteriosclerosi avanzata.

Si forma una placca che ostruisce parzialmente l'arteria. Aumenta la velocità, diminuisce la pressione. La pressione esercitata dai tessuti esterni può aumentare fino a schiacciare l'arteria e produrre un'interruzione momentanea del flusso sanguigno. A questo punto  $v$  diventa nulla e la pressione sale nuovamente e l'arteria si riapre. Ma il fenomeno ricomincia,  $v$  alta (perché c'è la strettoia) pressione bassa etc



Serway, Jewett – Principi di Fisica, IV Ed. – Capitolo 15



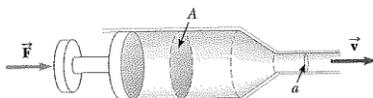
**FIGURA 15.18** (Esempio 15.7) Il fluido esce dal foro nel serbatoio alla velocità  $v_1$ .

Serway, Jewett  
Principi di Fisica, IV Ed.  
EdiSES



Serway, Jewett – Principi di Fisica, IV Ed. – Capitolo 15

Una siringa ipodermica contiene una medicina con la densità dell'acqua (Fig. P15.45). La canna della siringa ha una sezione di area  $A = 2,50 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ , e l'ago ha una sezione di area  $a = 1,00 \times 10^{-8} \text{ m}^2$ . In assenza di una forza sul pistone, la pressione ovunque è 1 atm. Una forza  $\vec{F}$  di intensità 2,00 N agisce sul pistone, facendo sì che la medicina schizzi orizzontalmente dall'ago. Determinare la velocità della medicina quando esce dalla punta dell'ago.



**FIGURA P15.45**



16.  Il cervello umano e il midollo spinale sono immersi nel fluido cerebrospinale. Il fluido è normalmente continuo fra il cranio e la cavità spinale. Esso esercita normalmente una pressione da 100 a 200 mm di  $H_2O$  al di sopra della prevalente pressione atmosferica. In medicina le pressioni si misurano spesso in unità di millimetri di  $H_2O$  poiché i fluidi corporei, incluso il fluido cerebrospinale, hanno tipicamente la stessa densità dell'acqua. La pressione del fluido cerebrospinale si può misurare per mezzo di una *presa di pressione*, com'è illustrato in Figura P15.16. Un tubicino vuoto viene inserito nella colonna vertebrale, e si osserva l'altezza raggiunta dal fluido. Se il fluido raggiunge un'altezza di 160 mm, la sua pressione relativa viene registrata come 160 mm  $H_2O$ . (a) Esprimere questa pressione in pascal, in atmosfere, e in millimetri di mercurio. (b) Qualche volta è necessario determinare se la vittima di un incidente ha subito la frattura di una vertebra che blocca il flusso del fluido cerebrospinale nella colonna vertebrale. In altri casi un medico può sospettare un tumore o un altro ingrossamento che blocca la colonna vertebrale e inibisce il flusso del fluido cerebrospinale. Tali condizioni possono essere diagnosticate per mezzo della *manovra di Queckenstedt*. In questa procedura, le vene del

collo del paziente vengono compresse per far aumentare la pressione sanguigna nel cervello. L'aumento di pressione del sangue nei vasi è trasmesso al fluido cerebrospinale. Quale sarebbe l'effetto normale sull'altezza del fluido nella presa di pressione? (c) Supponiamo che comprimendo le vene non si abbia effetto sul livello del fluido. Che cosa potrebbe spiegare ciò?

