Corso di laurea: INFERMIERISTICA E OSTETRICIA

Corso integrato: Basi molecolari e funzionali della vita

Dispense del corso di Fisica Applicata

A. A. 2019/2020

Docente:

Melissa Tamisari

Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra
c/o Polo Scientifico e Tecnologico
Blocco C, stanza 003
Via Saragat 1 Ferrara
e-mail: melissa.tamisari@unife.it
Ph: 0532 974226

Unità 1: introduzioni

Grandezze fisiche

Una **grandezza fisica** è una proprietà di un corpo che può essere misurata.

Si definisce in modo operativo, cioè definendo la serie di operazioni che permette di associare ad essa un **numero** ed un **unità di misura**.

Il valore numerico è determinato dal rapporto tra una grandezza di riferimento (**campione di misura = unità di misura**) e la grandezza misurata.

Misura **diretta** di una grandezza fisica:
Si confronta direttamente la grandezza con il campione di misura corrispondente.

Esempio Si misura direttamente la lunghezza di un corpo confrontandola con quella di un metro graduato
Il righello è lungo 10 cm ed è contenuto 3 volte nel foglio
→ *Il foglio è lungo 30 cm*

Misura **indiretta** di una grandezza fisica:
Si risale alla misura della grandezza fisica a partire da misure di grandezze diverse legate da relazioni note alla grandezza da misurare.

Esempio Si misura indirettamente la velocità di un corpo misurando lo spostamento compiuto dal corpo e il tempo che impiega a percorrerlo. La velocità è il rapporto spostamento diviso il tempo.

Errori di Misura

Ad ogni operazione di misura è associato un errore.

Esistono due tipi di errori:

• Errori Casuali

Sono dovuti a variazioni casuali delle condizioni di misura

Misurando 10 volte la lunghezza di un tavolo, si ottengono ogni volta valori leggermente diversi

• Errori Sistematici

Sono errori dovuti ad un'errata taratura dello strumento o al metodo di misura utilizzato

Se si pesano degli oggetti con una bilancia "truccata", si ottengono sempre valori inferiori a quelli veri

Sistema Internazionale di Unità di Misura

Si definiscono convenzionalmente i campioni di misura utilizzati per misurare un insieme limitato di grandezze dette **grandezze fondamentali**.

Il sistema più utilizzato si chiama **Sistema Internazionale (SI)**

Comprende un insieme di 7 grandezze fondamentali

Grandezza fisica	simbolo	Unità di misura SI
Lunghezza	l	m (metro)
Massa	m	Kg (chilogrammo)
Tempo	t	s (secondo)
Temperatura	T	K (kelvin)
Quantità di sostanza	n	mol (mole)
Intensità di corrente	i	A (ampere)
Intensità luminosa	I_v	cd (candela)

Grandezze Derivate

Dalle grandezze fondamentali si ricavano tutte le altre.

Esempio:

• La velocità **v** si determina come rapporto tra spazio percorso e tempo impiegato a percorrerlo.

Le sue dimensioni fisiche sono pertanto
$[\mathbf{v}] = [\mathbf{l}] / [\mathbf{t}] = [\mathbf{l}]\,[\mathbf{t}]^{-1}$

Notazione scientifica

$1234 = 1.234\ 10^{+3}$

$1234.56 = 1.23456\ 10^{+3}$

$0.0002 = 2\ 10^{-4}$

$0.000257 = 2.57\ 10^{-4}$

$10^{\pm n} \rightarrow$ significa che la virgola (punto) va spostato
di *n* posti a destra (+) o a sinistra (-)

Nota: il + può essere omesso

Multipli e sottomultipli del SI

10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^{9}	giga	G
10^{6}	mega	M
10^{3}	chilo	k
10^{2}	etto	h
10^{1}	deca	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	micro	µ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f

Differenza percentuale (%) fra due numeri *A* e *B*

• **Differenza** $\Rightarrow$ D = A - B   oppure D' = B - A

$\Rightarrow$ D' = -D

• **Differenza relativa**: *è la differenza rispetto a un numero di* ***riferimento***

In questo caso ci possono essere due riferimenti:

• riferimento al numero A $$D_R = \frac{A - B}{A}$$

• riferimento al numero B $$D_R = \frac{A - B}{B}$$

Differenza percentuale (%):

$D(\%) = D_R$ x100   oppure   **$D(\%) = D_{R'}$ x100**

Esempio:

• 12 sett 2005 acquisto automobile per 20000,00 €
• 12 sett 2006 vendita usato per 15000,00 €

Di quanto si è svalutata l'auto? $\Rightarrow$ Perdita netta = 20000 – 15000 = 5000,00 €

$$D(\%) = \frac{20000 - 15000}{20000} * 100 = 25\%$$

$$D(\%) = \frac{20000 - 15000}{15000} * 100 = 33\%$$

Grandezze Scalari e Vettoriali

Esistono due tipi di grandezze:

• **Grandezze Scalari** → per essere definite hanno bisogno solo di un numero e di un'unità di misura

• **Grandezze Vettoriali** → per essere definite hanno bisogno di un numero (che ne indica l'intensità), di una direzione, di un verso e di un'unità di misura

Notazione per indicare una grandezza vettoriale:

grassetto: ***v***

freccia sopra: $\vec{V}$ $|\vec{V}|$ o **|v|** indica la sua intensità

Esempi:

Grandezze Scalari
- La temperatura di un corpo è 37 °C.
- La massa di un'automobile è 670 kg.

• **Grandezze Vettoriali**
La velocità di un'automobile è 120 km/h.

L'informazione non è completa: dove sta andando?
La velocità di un'automobile è 120 km/h, si muove lungo l'autostrada Roma - Napoli in direzione di Roma. Ora l'informazione è completa.
E' chiaro quindi che per definire questo tipo di grandezze non è sufficiente fornire un numero ed un'unità di misura.

Una **grandezza vettoriale** si rappresenta graficamente con una freccia: 

• La lunghezza è proporzionale all'intensità (o modulo)

• La direzione definisce la direzione del vettore

• Il verso della freccia indica il verso del vettore

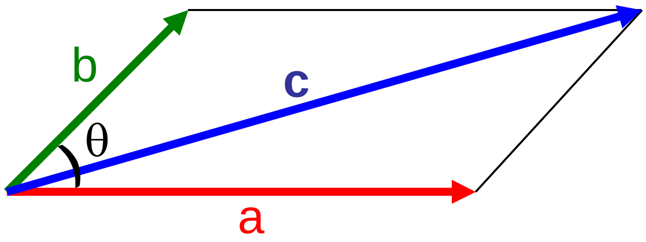
Esempio:

a e **b** hanno la stessa direzione, ma verso opposto

Somma e Differenza di Vettori

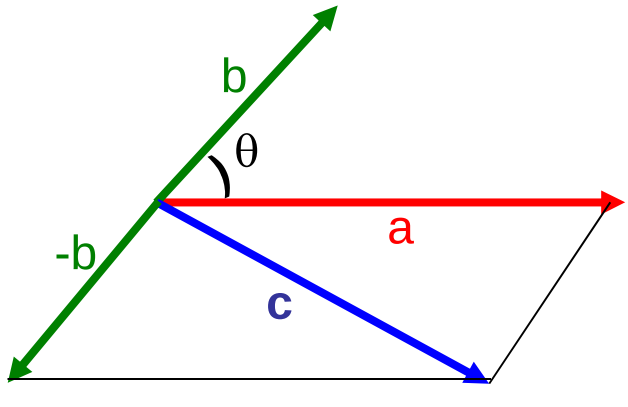
La somma di due vettori è ancora un vettore.

Si può calcolare con la regola del parallelogramma:
Il vettore somma **c** *è dato dalla diagonale del parallelogramma avente per lati i vettori addendi* **a** *e* **b**



Modulo del vettore somma: $$c = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab\cos\theta}$$

La differenza tra due vettori si ottiene sommando al primo vettore l'opposto del secondo vettore
a - b = a + (-b)



Modulo del vettore differenza: $$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab\cos\theta}$$

Moltiplicazione dei Vettori

Esistono 3 tipi di moltiplicazione che coinvolgono i vettori **a** e **b**:

1. Moltiplicazione per uno scalare *t*

$$\mathbf{a} \cdot t = \mathbf{c}$$

c è un vettore avente intensità data dal prodotto |**a**| **·** *t*, la stessa direzione di **a** e verso uguale od opposto al verso di **a** a seconda che *t* sia positivo o negativo

2. Prodotto Scalare

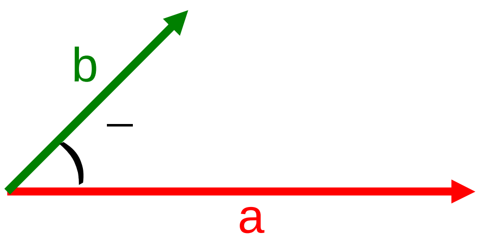
$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = c \quad \rightarrow \quad c \text{ è una grandezza scalare}$$

3. Prodotto Vettoriale

$$\mathbf{a} \times \mathbf{b} = \mathbf{c} \quad \rightarrow \quad \mathbf{c} \text{ è una grandezza vettoriale}$$

Prodotto Scalare

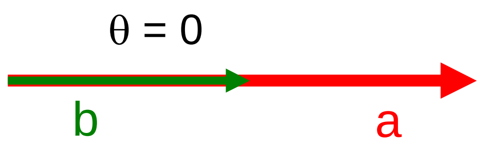
$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| \cdot |\mathbf{b}| \cdot \cos\theta = c$$



Il coseno è una funzione trigonometrica che vale 1 quando l'angolo è di 0° e 0 quando l'angolo è di 90°

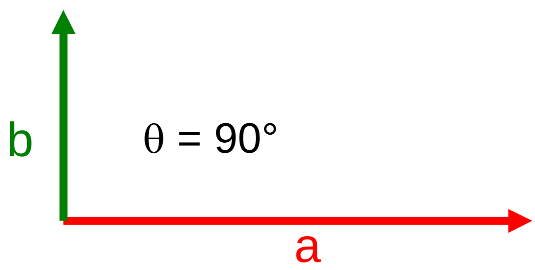
Casi limite

Vettori Paralleli ì **a // b**



$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| \cdot |\mathbf{b}| \cdot \cos\theta = |\mathbf{a}| \cdot |\mathbf{b}| \cdot 1 = |\mathbf{a}| \cdot |\mathbf{b}|$$

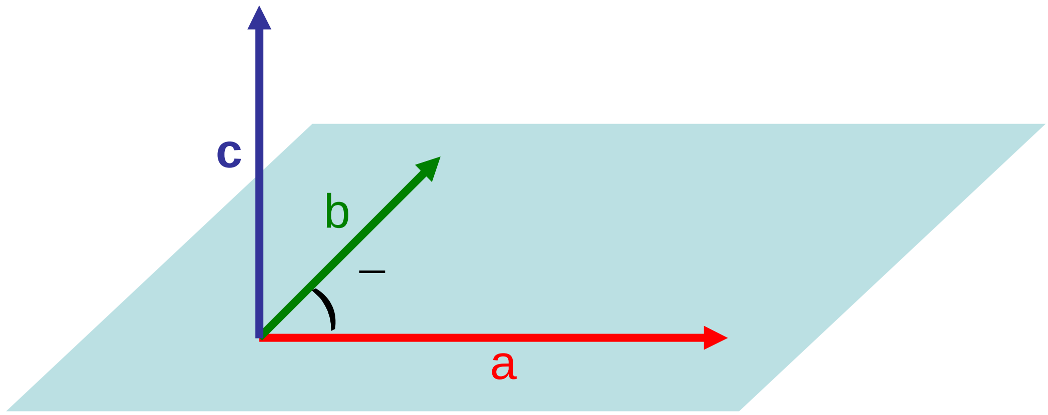
Vettori Perpendicolari ì **a** ⊥ **b**



$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| \cdot |\mathbf{b}| \cdot \cos\theta = |\mathbf{a}| \cdot |\mathbf{b}| \cdot 0 = 0$$

Prodotto Vettoriale

a x **b** = **c** = **|a|·|b|**·sen θ



Il seno è una funzione trigonometrica che vale 0 quando l'angolo è di 0° e 1 quando l'angolo è di 90°.

Vettore prodotto:

• modulo: **|c|** = **|a| · |b| ·** sen θ

(prodotto tra i moduli dei vettori **a** e **b** per il seno dell'angolo tra essi compreso)

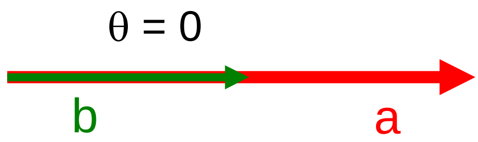
• direzione: è perpendicolare al piano definito da **a** e **b** (entra o esce dal piano)

• verso: si determina con la *regola della mano destra, s*i punta il pollice nella direzione del primo vettore, l'indice in quella del secondo, il medio dà la direzione del prodotto vettoriale

ì Il prodotto vettoriale non gode quindi della proprietà commutativa **a** x **b** = **- b** x **a** (proprietà anticommutativa)

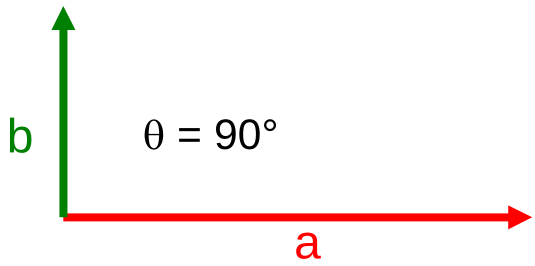
Casi limite

Vettori Paralleli ì **a // b**



$$\mathbf{a} \times \mathbf{b} = |\mathbf{a}|\cdot|\mathbf{b}|\cdot\sin\theta = |\mathbf{a}|\cdot|\mathbf{b}|\cdot 0 = 0$$

Vettori Perpendicolari ì **a** ⊥ **b**



$$\mathbf{a} \times \mathbf{b} = |\mathbf{a}|\cdot|\mathbf{b}|\cdot\sin\theta = |\mathbf{a}|\cdot|\mathbf{b}|\cdot 1 = |\mathbf{a}|\cdot|\mathbf{b}|$$

Unità 2: Cinematica e dinamica del corpo

- Moto rettilineo uniforme
- Moto rettilineo uniformemente accelerato
- Principi della dinamica
- Forze
- Rotazione e momento di una forza
- Leve

Moti rettilinei

Un punto materiale si muove dalla posizione $\mathbf{x_0}$ al tempo t_0
alla posizione **x** al tempo t.

Il tempo impiegato a percorrere la traiettoria è quindi
$\Delta t = t - t_0$

Lo spazio percorso è
$\Delta \mathbf{x} = \mathbf{x} - \mathbf{x}_0$

$\rightarrow$ **velocità media** = il rapporto tra lo spazio percorso ed il tempo impiegato a percorrerlo.

$$\mathbf{v}_{media} = \frac{a\mathbf{x}}{at}$$

Essendo **x** una grandezza vettoriale, anche **v** è una grandezza vettoriale.

La velocità ha le dimensioni fisiche di una lunghezza divisa per un tempo $[v]=[l]/[t] = [l]\ [t]^{-1}$

Nel Sistema Internazionale si misura quindi in m/s

Moto Rettilineo Uniforme ì un punto materiale che si muove con velocità **v** costante lungo una retta.

Ricordando l'espressione della velocità

$$\mathbf{v} = \frac{a\mathbf{x}}{at} = \frac{\mathbf{x} - \mathbf{x}_0}{t - t_0}$$

$\rightarrow$ invertendo l'equazione e semplificando ponendo $t_0 = 0$ si ottiene la **legge oraria** del moto rettilineo uniforme.

$$\mathbf{v} = \frac{\mathbf{x} - \mathbf{x}_0}{t} \Rightarrow \mathbf{v}t = \mathbf{x} - \mathbf{x}_0 \Rightarrow \mathbf{x} = \mathbf{x}_0 + \mathbf{v}t$$

Moto Rettilineo Uniforme

Esempio

Si consideri un'auto che si muove a velocità costante lungo una traiettoria rettilinea. L'auto si trova nella posizione $\mathbf{x}_0$ = 5 km al tempo t_0=0 min. Dopo 4 ore si trova nella posizione **x**=400 km.

Calcolare la velocità (media) dell' auto.

$$\mathbf{v} = \frac{\mathrm{a}\mathbf{x}}{\mathrm{a}t} = \frac{\mathbf{x}-\mathbf{x}_0}{t-t_0} = \frac{(400-5)km}{4h} = 98.75 \, {}^{km}\!/_{h}$$

Si consideri l'esempio precedente. Pur percorrendo mediamente 98.75 km/h, l'auto procederà più lentamente in alcuni tratti e più velocemente in altri.
In altre parole, la velocità sarà diversa istante per istante.

→ **velocità istantanea** = il rapporto tra lo spazio percorso, ***dx***, in un intervallo piccolo di tempo *dt* e l'intervallo piccolo di tempo stesso.

$$\mathbf{v}_{ist} = \frac{d\mathbf{x}}{dt}$$

Si usano i simboli *d***x** e *dt* invece di Δ**x** e Δt per indicare che l'intervallo considerato è molto piccolo (si dice infinitesimo)

Accelerazione = rapporto tra la variazione di velocità e l'intervallo di tempo in cui essa avviene.

$$\mathbf{a} = \frac{\mathrm{a}\mathbf{v}}{\mathrm{a}t} = \frac{\mathbf{v} - \mathbf{v}_0}{t - t_0}$$

Nel caso di un moto rettilineo uniforme la velocità è costante ($\mathbf{v} = \mathbf{v}_0$), pertanto l'accelerazione è nulla.

N.B.
Si definisce accelerazione ogni variazione, sia positiva che negativa, della velocità.

L'accelerazione ha le dimensioni fisiche di una lunghezza divisa per un tempo al quadrato
[a]=[l]/[t] 2 = [l] $[t]^{-2}$

Nel Sistema Internazionale si misura quindi in m/s^2

→ Accelerazione media

$$\mathbf{a}_{media} = \frac{\mathrm{a}\mathbf{v}}{\mathrm{a}t} = \frac{\mathbf{v} - \mathbf{v}_0}{t - t_0}$$

→ Accelerazione istantanea

$$\mathbf{a}_{ist} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$$

Moto Rettilineo Uniformemente accelerato ì un punto materiale che si muova con accelerazione **a** costante lungo una retta.

Ricordando la definizione di accelerazione

$$\mathbf{a} = \frac{\mathrm{a}\mathbf{v}}{\mathrm{a}t} = \frac{\mathbf{v}-\mathbf{v}_0}{t-t_0}$$

si ricava l'espressione della velocità (t_0=0)

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{v}-\mathbf{v}_0}{t} \Rightarrow \mathbf{a}t = \mathbf{v}-\mathbf{v}_0 \Rightarrow \mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}t$$

Analogamente a quanto fatto nel caso del moto rettilineo uniforme, si può ricavare la *legge oraria* del moto uniformemente accelerato

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}_0 + \mathbf{v}_0 t + \frac{1}{2}\mathbf{a}t^2$$

Esempio (caduta di un grave)
Un sasso inizialmente fermo viene lasciato cadere dalla sommità di un palazzo. Sapendo che raggiunge il suolo dopo 4 s, determinare l'altezza *h* del palazzo. Trascurare l'attrito.

Il sasso si muoverà di moto rettilineo uniformemente accelerato (**a** = **g**)

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}_0 + \mathbf{v}_0 t + \frac{1}{2}\mathbf{a}t^2 \xrightarrow{\mathbf{x}_0=0,\mathbf{v}_0=0,\mathbf{a}=\mathbf{g}} x = \frac{1}{2}\mathbf{g}t^2$$

$$x = \frac{1}{2}\left(9.81\frac{m}{s^2}\right)(4s)^2 = 78.5m = h$$

Dinamica

3 principi della dinamica

- Un corpo non soggetto a forze permane nel suo stato di quiete (se era fermo rimane fermo, se è in moto si muove di moto rettilineo uniforme).

- Un corpo su cui agisce una forza **F** (o la risultante di diverse forze) è soggetto ad una accelerazione direttamente proporzionale alla forze e inversamente proporzionale alla massa *m*.

$$\mathbf{F} = m\,\mathbf{a}$$

- Il principio di azione e reazione afferma che dati due corpi la forza $\mathbf{F}_{1,2}$ che agisce sul primo corpo a causa del secondo corpo è uguale e contraria alla forza $\mathbf{F}_{2,1}$ che agisce sul secondo corpo a causa del primo corpo.

$$\mathbf{F}_{1,2} = -\mathbf{F}_{2,1}$$

Questo principio a volte si enuncia dicendo che “ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria”.

Forze: unità di misura Newton [N]

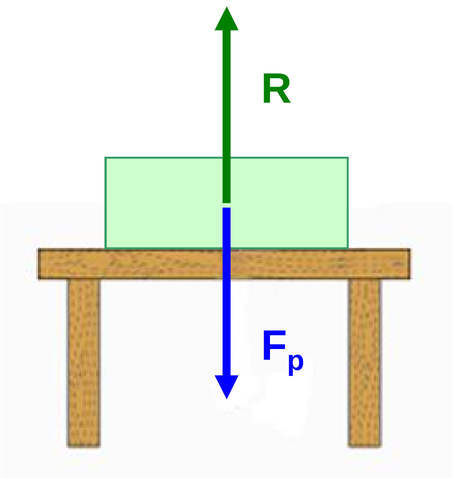
Forza peso

La forza peso è la forza a cui è soggetto un corpo che si trova sulla Terra ($g = 9.81\ m/s^2$)

$$\mathbf{F}_p = m\,\mathbf{g}$$

Reazione vincolare R

Le reazioni vincolari si manifestano ogni volta che esiste un vincolo, ossia un impedimento, al moto di un corpo.



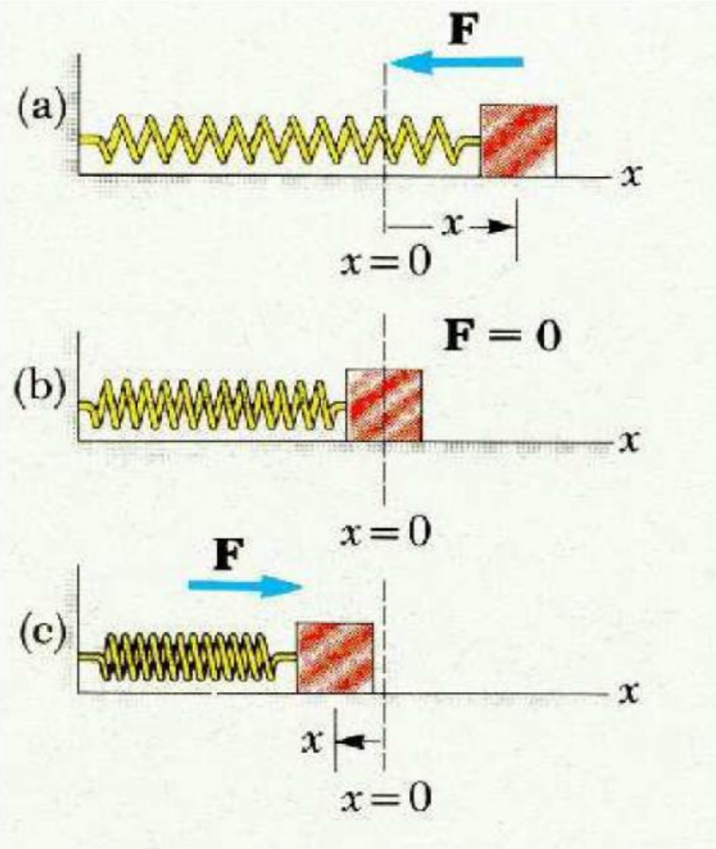
Forza elastica

La forza elastica è la forza che segue la seguente legge, nota come legge di Hooke:

$$\mathbf{F} = -k\,\mathbf{r}$$

r è la posizione del corpo sulla quale agisce la forza
e k è una costante, detta costante elastica.

Essa è detta forza elastica perché è la forza esercitata da un elastico o una molla per piccole deformazioni. La forza elastica è una forza di richiamo perché ha sempre segno opposto alla deformazione e tende a riportare l'elastico o la molla nello stato di riposo.



Forza d'attrito

La forza d'attrito ha origine quando un solido o un fluido si muovono (o tendono a muoversi) a contatto con un altro corpo.

Rotazione

Corpo in equilibrio traslazionale: somma ***F*** *applicate = 0*

Se il corpo è esteso può ruotare attorno ad un punto O (centro di rotazione, vincolo o perno)

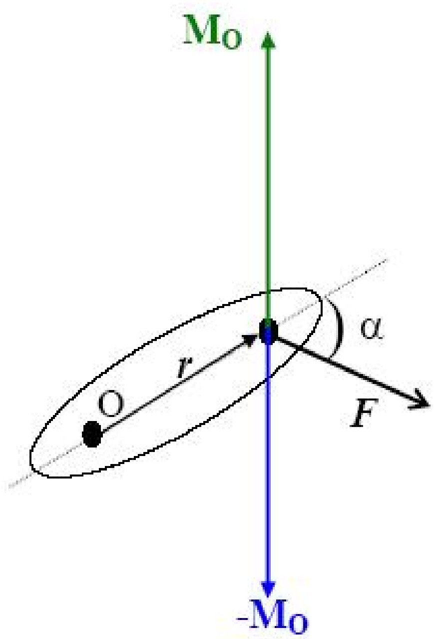
La rotazione dipende:

- *dalla forza applicata*
- *dalla distanza a cui viene applicata la forza rispetto al perno*

→ *nuova grandezza: MOMENTO DI UNA FORZA*

$$\boldsymbol{M}_o = \boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}$$

$$|\boldsymbol{M}_0| = |\boldsymbol{r}|\ |\boldsymbol{F}| \sin\varphi$$

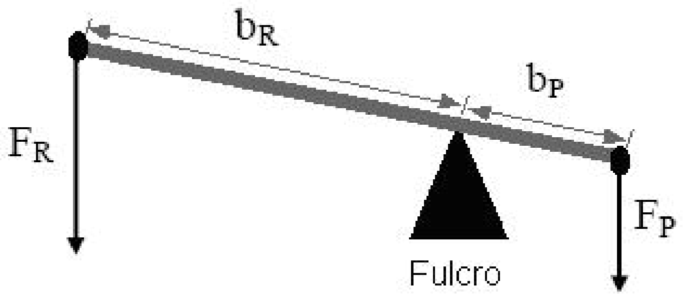


• *Il vettore* $\mathbf{M}_O$ *è perpendicolare a* **r** *e* **F**

• *Il segno di M indicherà il senso di rotazione:*
1. + senso antiorario
2. - senso orario

- $\boldsymbol{M} = 0$ *se* **r** *e* **F** *sono paralleli o antiparalleli*
- $\boldsymbol{M} = r\,F$ *se* **r** *e* **F** *sono perpendicolari*

Leve e loro equilibrio

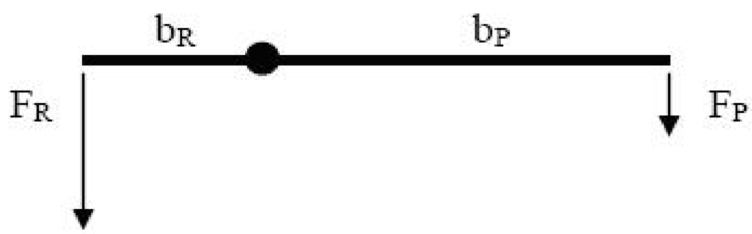


$\boldsymbol{F_P}$ *e* $\boldsymbol{F_R}$ *sono chiamate* ***POTENZA*** *e* ***RESISTENZA***

Leva Vantaggiosa → Potenza < Resistenza
Leva Svantaggiosa → Potenza > Resistenza

Regola delle leve semplici
(sbarra orizzontale con forze tutte perpendicolari alla sbarra)

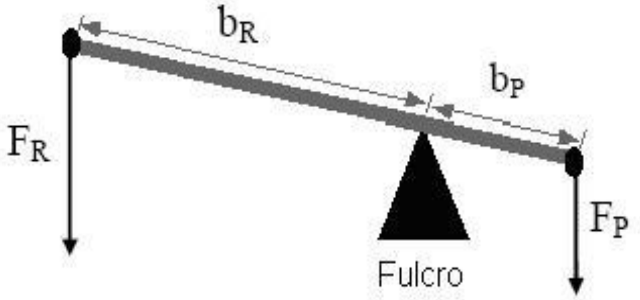
Equilibrio della leva → somma ***M*** *applicati = 0*



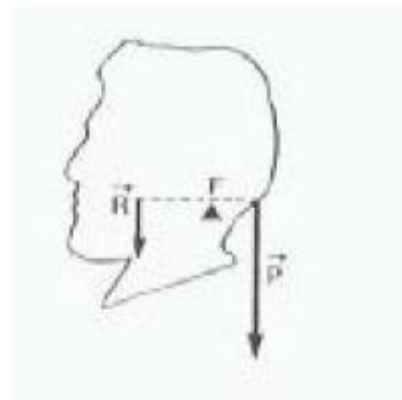
$M_{FR} = -\, b_R\, F_R$ $\qquad M_{FP} = b_P\, F_P$ $\qquad \sum M = 0 \Rightarrow\ b_R\, F_R = b_P\, F_P$

Tipi di leve:

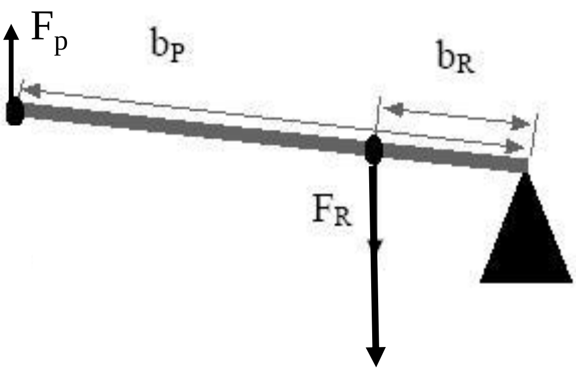
1° genere → può essere vantaggiosa o svantaggiosa

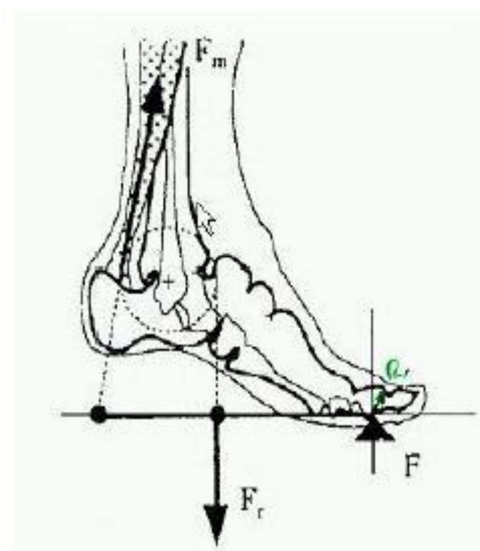


LEVE DEL CORPO UMANO

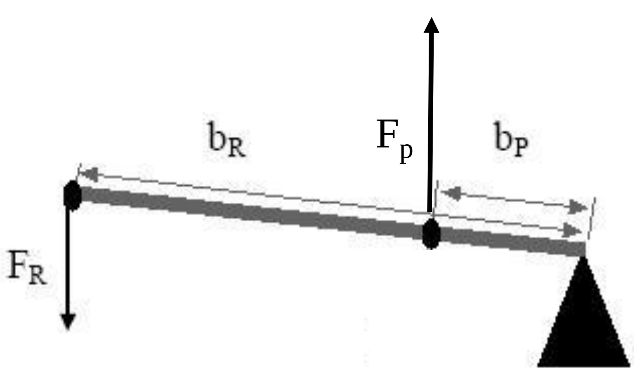


2° genere → sempre vantaggiosa

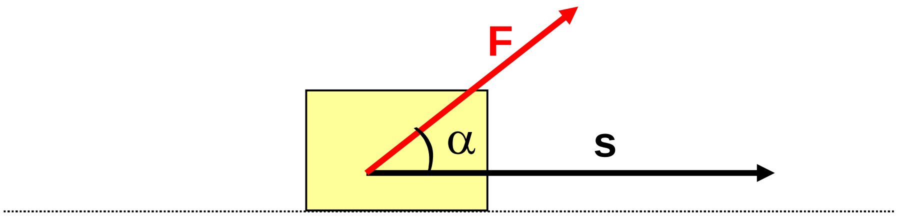




3° genere → sempre svantaggiosa



Lavoro ed energia



Il lavoro è la misura dell'effetto della forza **F** nell'effettuare uno spostamento **s**

$$L = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s} = F \; s \; cos \sim$$

Il lavoro è il prodotto scalare tra forza e spostamento.

Unità di misura di L = [N] [m] = Joule [J]

Lavoro motore = lavoro positivo che causa il movimento di un corpo

Lavoro resistente = lavoro negativo che si oppone al movimento di un corpo

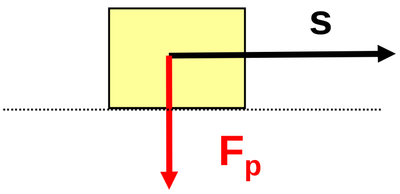
Forze conservative e non conservative:

Se il lavoro che compie una forza non dipende dalla traiettoria che il corpo segue ma solo dalla posizione iniziale e finale questa forza è detta **conservativa** (es: forza peso, forza elastica…)

Se il lavoro invece dipende dalla traiettoria seguita dal corpo nel compiere lo spostamento allora la forza è detta **non conservativa** (es: forza d'attrito)

Lavoro della forza peso:

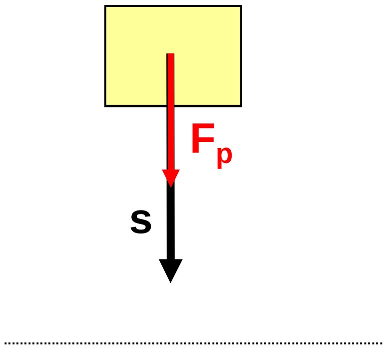
1) Traslazione orizzontale:



$$L = \mathbf{F_p} \cdot \mathbf{s} = F_p \; s \cos 90° = 0$$

$\mathbf{F_p} \perp \mathbf{s} \Rightarrow$ lavoro nullo

2) Traslazione verticale (es: caduta di un grave):



$$L = \mathbf{F_p} \cdot \mathbf{s} = F_p \; s \cos\sim \; = F_p \; s$$

$\mathbf{F_p} // \mathbf{s} \Rightarrow$ lavoro massimo

Energia cinetica:

è l’energia che un corpo di massa *m* possiede poiché si sta muovendo con una velocità *v.*

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

Unità di misura di K = [kg] [m]^2[s]$^{-2}$ = [J]

Energia potenziale:

è l’energia associata alla posizione di un corpo.

Esempi: Energia potenziale gravitazionale $U_g = mgh$

Energia potenziale elastica $U_k = \frac{1}{2} k x^2$

Unità di misura di U = [J]

Relazioni tra lavoro ed energia cinetica e potenziale

Teorema dell'energia cinetica:

Il lavoro totale svolto da tutte le forze agenti su un corpo è uguale alla variazione della sua energia cinetica

$$L_{TOT} = K_{fin} - K_{in} = \mathrm{a}K$$

Definizione della variazione di energia potenziale:

$$L_C = -\left(U_{fin} - U_{in}\right) = -\mathrm{a}U$$

Ĝ Se nel sistema agiscono solo forze conservative $L_{TOT} = L_C$:

$$L_C = \mathrm{a}K \Rightarrow -\mathrm{a}U = \mathrm{a}K$$

$$\Rightarrow \mathrm{a}K + \mathrm{a}U = 0$$

$\rightarrow$ conservazione dell'energia meccanica

Ĝ Se nel sistema agiscono anche forze non conservative $L_{TOT} = L_C + L_{NC}$

$$L_C + L_{NC} = \mathrm{a}K \Rightarrow -\mathrm{a}U + L_{NC} = \mathrm{a}K$$

$$\Rightarrow L_{NC} = \mathrm{a}K + \mathrm{a}U$$

Potenza = il rapporto tra il lavoro svolto **L** ed il tempo impiegato a*t*.

$$W = \frac{L}{\mathrm{a}t}$$

Nel SI si misura in Watt $\rightarrow$ 1 W = 1 J / 1 s

Unità 3: Fluidodinamica

La **Fluidodinamica** è la branca della meccanica che indaga il comportamento dei fluidi (ovvero liquidi ed aeriformi) in movimento.

I fluidi sono caratterizzati dal non avere una forma propria (assumono la forma del recipiente che la contiene)

Liquido: volume limitato dalla superficie libera
Gas: diffusione nell'intero volume disponibile

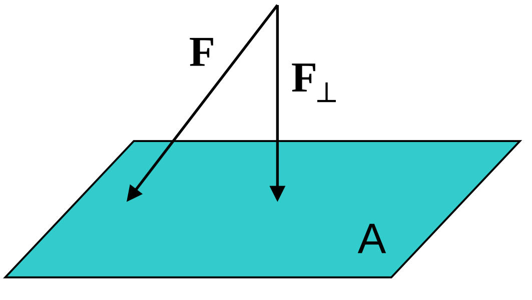
Densità di una sostanza: è la massa della sostanza per unità di volume

$$d = \frac{m}{V}$$

Unità di misura: $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

Pressione

La **pressione** esercitata da una forza $\mathbf{F}$ su una superficie A si definisce come rapporto tra la componente della forza perpendicolare ad A e l'area di A:



$$P = \frac{F_\perp}{A}$$

È una grandezza scalare e nel SI si misura in Pa (Pascal) $\left[\frac{N}{m^2}\right]$

Altre unità di misura utilizzate sono:

- **Atmosfera** $\rightarrow$ 1 atm = 101325 Pa
(è l'unità più usata nella vita quotidiana)

- **Bar** $\rightarrow$ 1 bar = 10^5 Pa

- **Torr** = **mm Hg** $\rightarrow$ 1 mm Hg = 133,322 Pa
(è l'unità più usata in ambito biomedico)

Esercizio:

Al pistoncino di una siringa di sezione 2 cm^2 viene applicata una forza di 3N.
1) Determinare la pressione relativa del fluido dentro la siringa.
2) Qual è la pressione minima che bisogna applicare per iniettare il fluido entro una vena in cui la pressione del sangue è di 12 mmHg?

1) La pressione è quella associata alla sola forza applicata al pistoncino:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{3N}{\left(2cm^2\right)} = \frac{3N}{\left(2 \cdot 10^{-4} m^2\right)} = \frac{3}{\left(2 \cdot 10^{-4}\right)} \frac{N}{m^2} = 1.5 \cdot 10^{+4} Pa$$

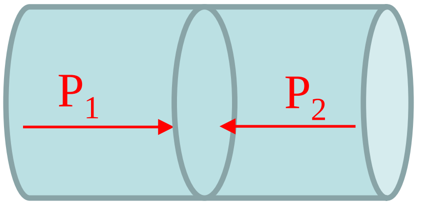
2) La pressione minima da applicare è pari alla pressione del sangue:

$$P_{min} = 12 mmHg \cdot 133{,}322 Pa = 1599{,}8 Pa = 1{,}6 \cdot 10^3 Pa$$

La corrispondente forza minima da applicare al pistone è quindi pari a

$$P_{min} = \frac{F_{min}}{S} \Rightarrow F_{min} = P_{min} \cdot S = 1{,}6 \cdot 10^3 Pa \cdot 2 \cdot 10^{-4} m^2 = 0.32 N$$

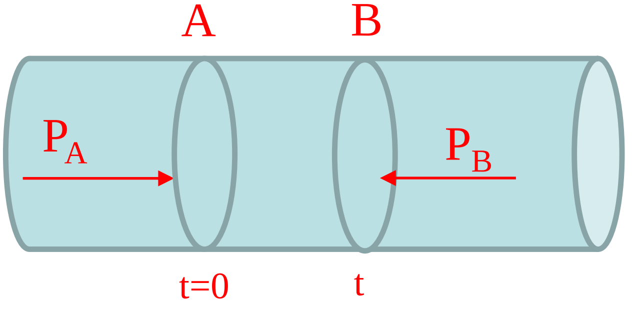
Moto di un fluido IDEALE (senza attriti):



Se considero una sezione ideale di un fluido all'interno di un condotto, per far muovere questa sezione ho bisogno di una differenza di pressione (quindi di forze di pressione) che agiscono a destra e a sinistra della sezione. La forza totale che agisce sulla sezione sarà:

$$F = (P_1 - P_2)S = \Delta P\ S$$

Lavoro delle forze di pressione:

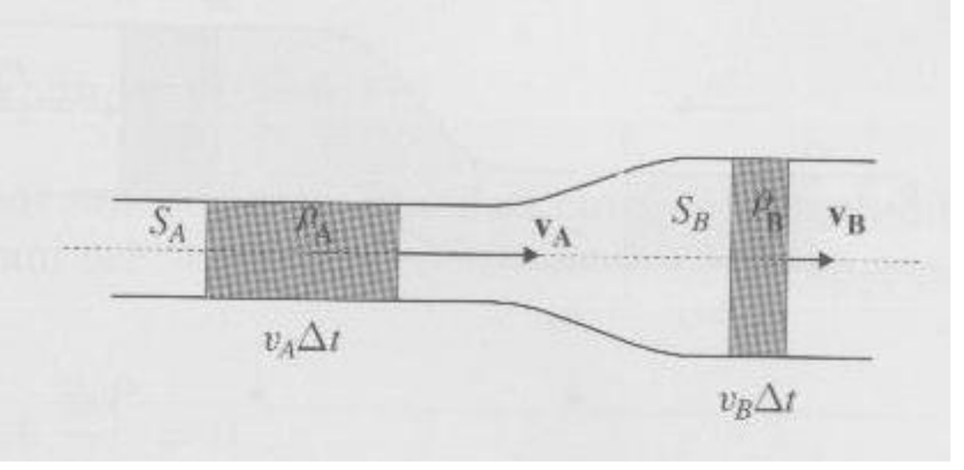


Il fluido che si trova nella sezione A all0istante di tempo 0 dopo un certo tempo t si trova in B: quanto vale il lavoro fatto dalle forze di pressione per spostare il fluido?

$$L = \mathrm{F} \cdot \mathrm{s} = (\Delta P\ S)\ AB = \Delta P\, V$$

Lavoro delle forze di pressione

Equazione di continuità:



Conservazione della massa (nel tubo non ci sono né pozzi né sorgenti):

$$\frac{M_A}{\Delta t} = \frac{M_B}{\Delta t} \Rightarrow Q_{MA} = Q_{MB}$$

$\boldsymbol{Q_M}$ = portata massica = quantità di massa che passa in una sezione del condotto nell'unità di tempo (unità di misura Kg/s)

$\boldsymbol{Q}$ = portata volumica = volume di liquido che passa in una sezione del condotto nell'unità di tempo (unità di misura m^3/s)

$$\frac{M_A}{\Delta t} = \frac{M_B}{\Delta t}$$

$$\frac{\rho_A V_A}{\Delta t} = \frac{\rho_B V_B}{\Delta t} \Rightarrow \rho_A Q_A = \rho_B Q_B$$

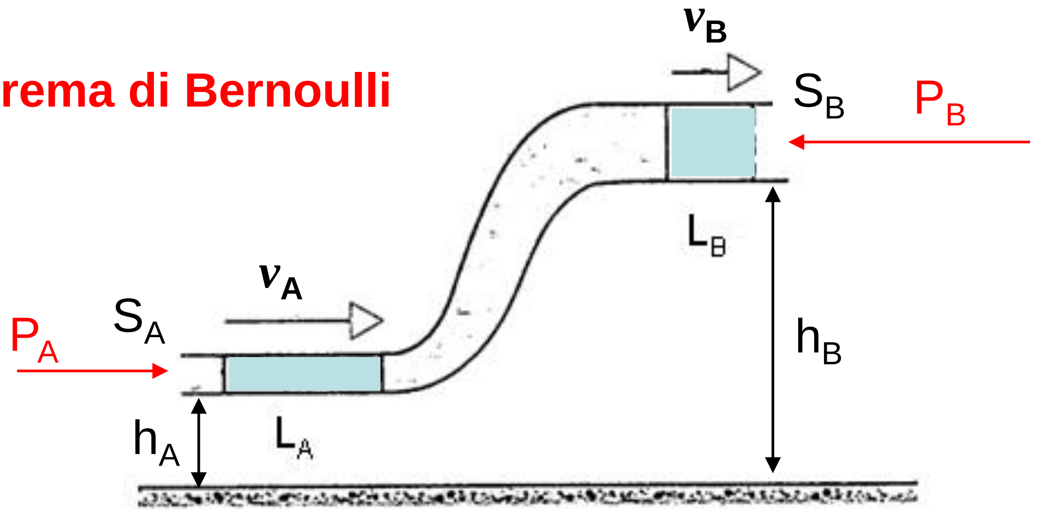
$$\frac{\rho_A S_A L_A}{\Delta t} = \frac{\rho_B S_B L_B}{\Delta t}$$

$$\rho_A S_A v_A = \rho_B S_B v_B \xrightarrow{\rho_A = \rho_B} \boxed{S_A v_A = S_B v_B}$$

Equazione di continuità

Fluido incomprimibile $\rho_A = \rho_B$

Teorema di Bernoulli



Conservazione dell'energia: $L_{TOT} = \Delta K$

Forze in gioco e rispettivi lavori:

Forza Peso $\rightarrow$ $L_g = \mathbf{F_g} \cdot \mathbf{s} = mgh_A - mgh_B$

Forza di pressione $\rightarrow$ $L_P = (P_A - P_B)V$

$$mg(h_A - h_B) + (P_A - P_B)V \overset{\Delta P_d}{=} \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$\boxed{\frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A + P_A V = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B + P_B V}$$

Se dividiamo tutto per il volume otteniamo l'espressione del teorema come somma di pressioni:

Pressione esterna

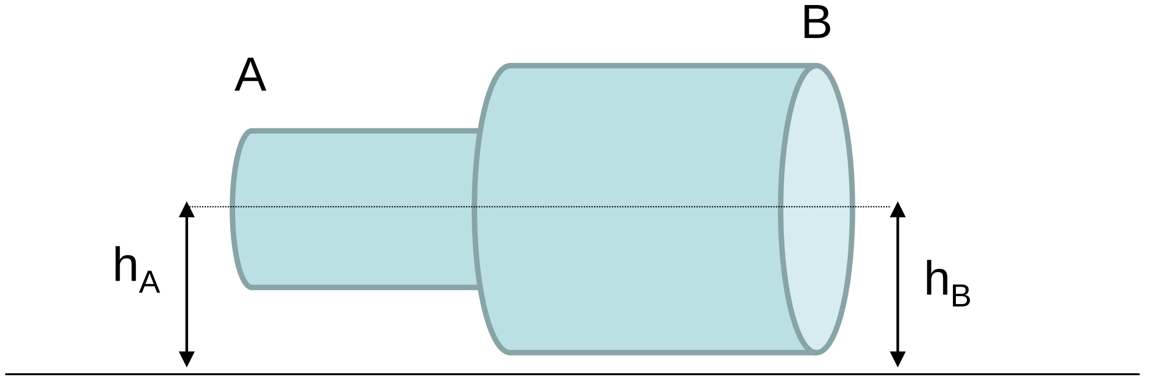
$$\boxed{\frac{1}{2}dv_A^2} + \boxed{dgh_A} + \boxed{P_A} = \frac{1}{2}dv_B^2 + dgh_B + P_B$$

Pressione dinamica

Pressione statica gravitazionale

che possiamo anche scrivere: $\Delta P_d + \Delta P_g + \Delta P = 0$

Se considero un condotto orizzontale a sezione variabile in quale delle due sezioni è maggiore la pressione?



Applichiamo il teorema di Bernoulli:

$$\frac{1}{2}dv_A^2 + dgh_A + P_A = \frac{1}{2}dv_B^2 + dgh_B + P_B$$

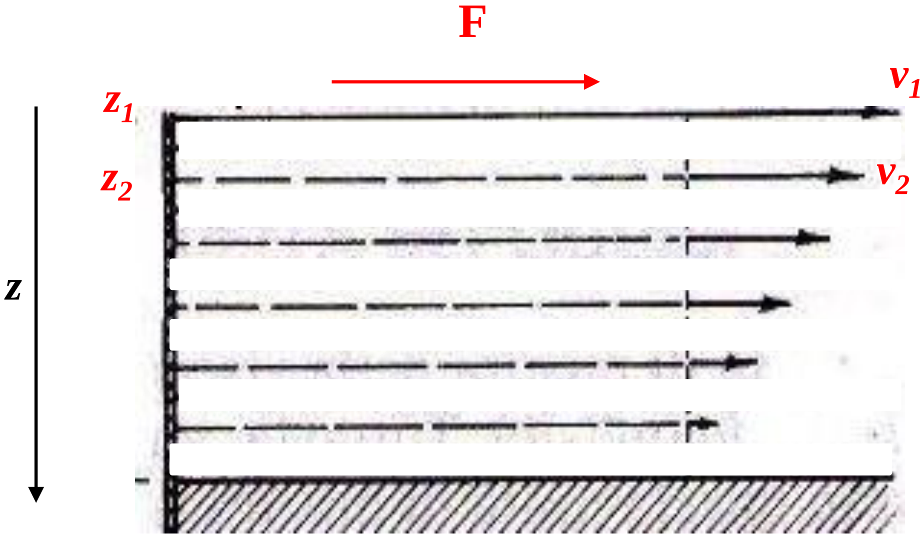
Il condotto è orizzontale quindi alla stessa altezza:

$$\frac{1}{2}dv_A^2 + P_A = \frac{1}{2}dv_B^2 + P_B \rightarrow \frac{1}{2}dv_A^2 - \frac{1}{2}dv_B^2 = P_B - P_A$$

Per l’equazione di continuità visto che $S_B > S_A$ allora $v_B < v_A$ quindi il primo termine dell’equazione è positivo di conseguenza deve esserlo anche il secondo:

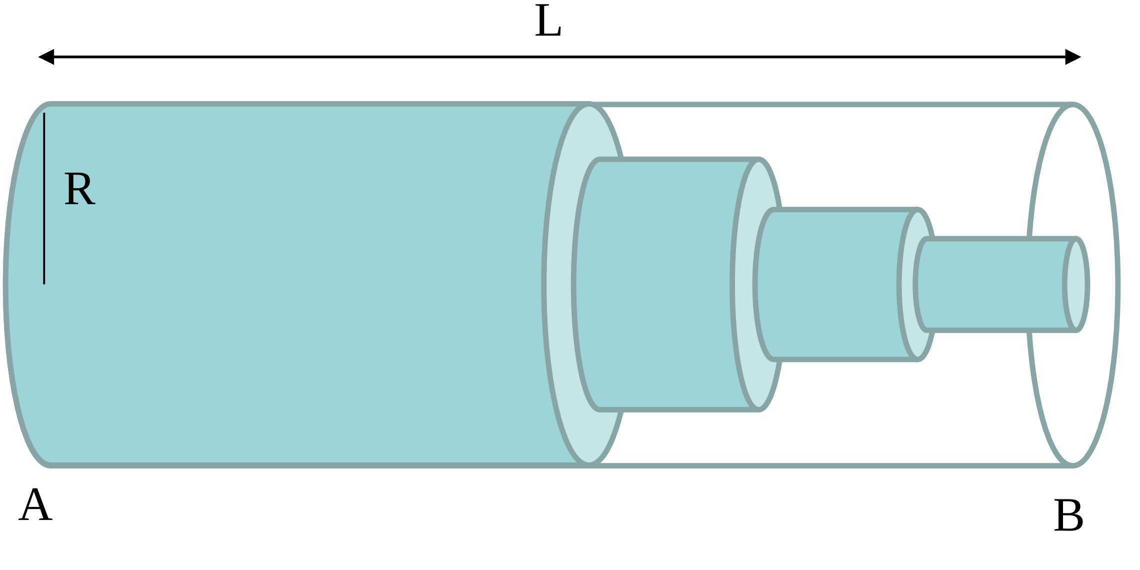
$$\frac{1}{2}dv_A^2 - \frac{1}{2}dv_B^2 > 0 \Rightarrow P_B - P_A > 0 \Rightarrow \boxed{P_B > P_A}$$

Consideriamo ora fluidi reali cioè viscosi (con attrito fra stati del liquido che scorrono): se considero un fluido in un contenitore e applico una forza tangenziale sulla superficie del fluido lo strato superficiale si muoverà con una certa velocità e si trascinerà dietro gli strati sottostanti che però si muoveranno con velocità decrescenti all'aumentare della profondità a causa della forza di attrito viscoso che si oppone al moto.



FORZA VISCOSA: $$F_v = -\eta A \frac{v_2 - v_1}{z_2 - z_1} = -\eta A \frac{dv}{dz}$$

Cosa succede se il fluido viscoso scorre all'interno di un condotto cilindrico?



Gli strati che abbiamo visto prima in questo caso diventano delle superfici cilindriche coassiali: il cilindro più interno avrà velocità massima, quello più esterno sarà fermo contro le pareti del condotto.

Per far scorrere il fluido VISCOSO con una certa portata Q nel condotto devo applicare una differenza di pressione:

$$P_A - P_B = \boxed{\frac{8\eta L}{\pi R^4}} Q = RQ$$

Resistenza Fluidodinamica

dovuto alla caduta di pressione causata dall'attrito viscoso.

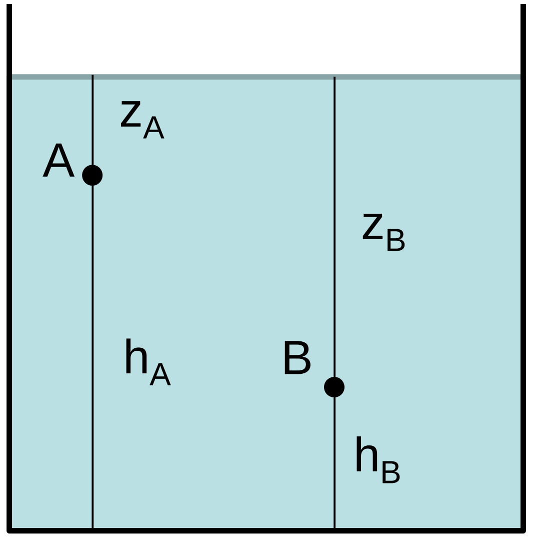
Il teorema di Bernoulli per fluidi viscosi diventa quindi:

$$\Delta P_d + \Delta P_g + \Delta P + \Delta P_v = 0$$

dove ΔP_v è proprio la caduta di pressione dovuta alla viscosità

$$\Delta P_v = P_{vB} - P_{vA} = -RQ$$

Consideriamo un contenitore con all'interno un fluido viscoso fermo:



Il teorema di Bernoulli diventa:

$$\cancel{\Delta P_d} + \Delta P_g + \Delta P + \cancel{\Delta P_v} = 0$$

$$dgh_B - dgh_A + P_B - P_A = 0$$

$$P_B = P_A + dg(h_A - h_B)$$

Utilizzo le profondità rispetto alla superficie del fluido invece delle altezze dal fondo: $h_A + z_A = h_B + z_B \rightarrow h_A - h_B = z_B - z_A$

$$P_B = P_A + dg(z_B - z_A)$$

Se sposto A sulla superficie: $P_A = P_0 \qquad z_A = 0$

$$P_B = P_0 + dgz_B$$

Pressione idrostatica

$\rightarrow$ dipende esclusivamente dalla densità del fluido e dalla altezza di fluido sovrastante il punto considerato.

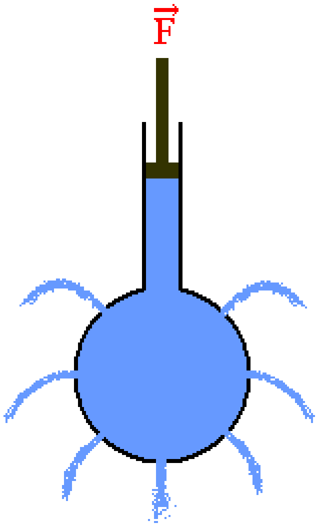
La pressione che troviamo sul ad una certa profondità di un contenitore pieno di liquido (o ad una certa profondità di un lago per esempio) è data dalla pressione idrostatica dovuta al liquido più la pressione che si trova sulla superficie del liquido dovuta al fluido (aria) che si trova sopra il liquido = PRESSIONE ATMOSFERICA (P_0)

$$P = P_0 + d_f gh$$ Legge di Stevino

In assenza di gravità: $$P = P_0 + \cancel{d_f gh}$$

→ **Principio di Pascal**:

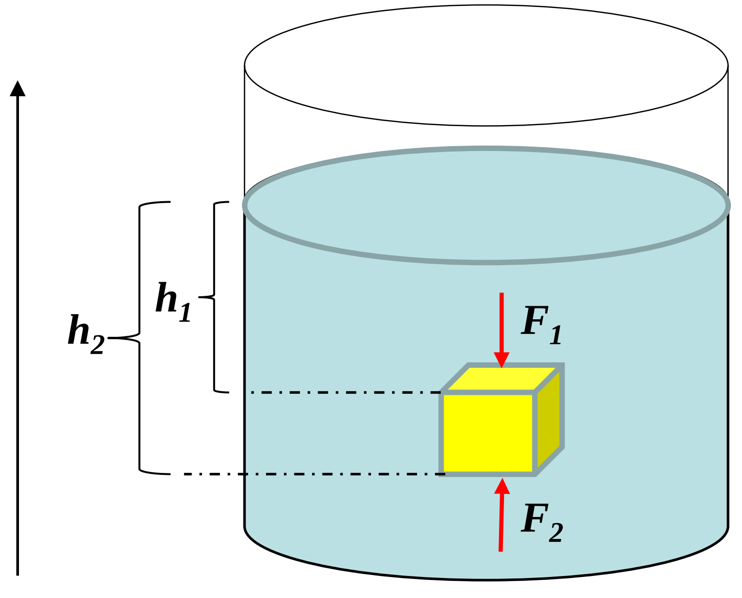
una pressione esercitata in un punto di una massa fluida si trasmette in ogni altro punto e in tutte le direzioni con la stessa intensità.



In un fluido in quiete, le forze sono sempre ortogonali alle superfici (una componente tangenziale provocherebbe lo scorrimento del fluido a contatto con la superficie interessata, quindi il fluido non sarebbe in quiete).

Spinta di Archimede:

Considero un corpo immerso in un fluido (un cubo per comodità) e considero le forze esercitate dal fluido sul corpo:
sul corpo agiscono le forze $\mathbf{F_1}$ ed $\mathbf{F_2}$ dovute alla pressione che il fluido esercita sulle due facce del cubo (di superficie S) poiché si trovano a profondità diverse (h_1 ed h_2) . Le forze di pressione che agiscono invece sulle facce laterali (sempre perpendicolarmente alla superficie sono uguali ed opposte quindi si annullano)



La risultante delle forze esercitate dal fluido sul corpo è:

$$\vec{F}_A = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \rightarrow F = -F_1 + F_2 = -P_1 S + P_2 S =$$

Sostituisco a P_1 e P_2 secondo la legge di Stevino:

$$= -\left(P_0 + d_f g h_1\right) S + \left(P_0 + d_f g h_2\right) S =$$

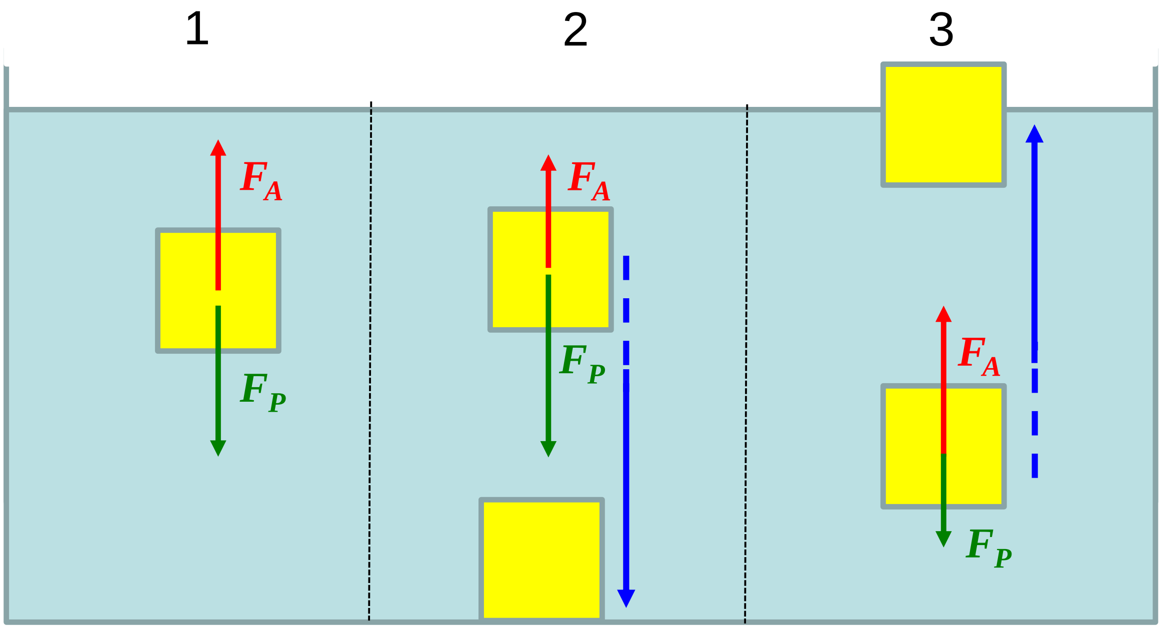
$$= -P_0 S + d_f g h_1 S + P_0 S + d_f g h_2 S =$$

$$= -d_f g h_1 S + d_f g h_2 S =$$

$$= d_f g S\left(h_2 - h_1\right) = d_f g V = m_f g$$

→ Un corpo immerso in un fluido riceve una spinta dal basso verso l'alto pari al peso del fluido spostato.

Galleggiamento dei corpi:



CASO 1 → il corpo galleggia sotto la superficie del fluido quindi è in equilibrio pertanto la somma delle forze che agiscono sul corpo è nulla. Sul corpo agisce la forza peso (verso il basso) e la spinta di Archimede (verso l'alto) quindi:

$$F_A = F_P \rightarrow m_l g = m_C g \rightarrow d_f gV = d_C gV \rightarrow \boxed{d_f = d_C}$$

CASO 2 → il corpo affonda, in questo caso non è più in equilibrio, la forza peso sarà maggiore della spinta di Archimede:

$$F_P > F_A \rightarrow m_C g > m_l g \rightarrow d_C gV > d_f gV \rightarrow \boxed{d_C > d_f}$$

CASO 3 → il corpo sale verso l'alto fino a galleggiare sulla superficie del fluido: in questo caso non è più in equilibrio, la forza peso sarà minore della spinta di Archimede

$$F_P < F_A \rightarrow m_C g < m_l g \rightarrow d_C gV < d_f gV \rightarrow \boxed{d_C < d_f}$$

Unità 4: Termodinamica

- Temperatura e calore
- Calore specifico
- Passaggi di stato e calore latente
- Trasmissione del calore

Termodinamica

Si occupa dei processi termici in cui gli scambi di energia non sono sempre riconducibili ad un lavoro meccanico ma sono anche accompagnati da variazioni di temperatura o da cambiamenti di stato dei corpi

Un sistema fisico deve essere considerato in relazione all'ambiente circostante. In particolare un sistema si dice

Aperto se scambia materia ed energia con l'ambiente circostante

Chiuso se scambia energia, ma non materia.

Isolato se non scambia né materia né energia.

Due nuove grandezze fisiche:

1) temperatura

→ qualitativamente: la temperatura è la grandezza associata alla sensazione caldo o freddo che si avverte toccando gli oggetti.

→ microscopicamente: la temperatura assoluta di un sistema macroscopico è la grandezza fisica correlata al livello di agitazione termica dei suoi costituenti (atomi, molecole,…) = **agitazione termica**.
La temperatura un corpo proporzionale all'agitazione termica delle molecole che lo compongono, in particolare al crescere dell'energia cinetica media delle molecole (e quindi della loro velocità media) cresce la temperatura.

Nel Sistema Internazionale si misura in gradi Kelvin (K) $\rightarrow$ T

La scala comunemente usata è quella Celsius (°C) $\rightarrow$ t

Un grado Celsius corrisponde esattamente ad un grado Kelvin, ed è definito come la centesima parte dell'intervallo di temperatura tra la fusione del ghiaccio e l'ebollizione dell'acqua.

$$t\ (°C) = T\ (K) - 273.15 \quad \Rightarrow \quad \Delta t = \Delta T$$

Esistono anche altre scale, in particolare quella Fahrenheit utilizzata nei paesi anglosassoni.
°C = (°F − 32) / 1,8
K = (°F + 459,67) / 1,8

2) Calore

Il **principio dell'equilibrio termico** stabilisce che due corpi posti a contatto tendono ad assumere la stessa temperatura.
Il corpo più caldo si raffredda (la sua energia cinetica molecolare media diminuisce) e quello più freddo si riscalda (la sua energia cinetica molecolare media aumenta).
→ <u>L'energia scambiata dai corpi nel processo termico è il calore.</u>

Misura del calore

Essendo una forma di energia, nel SI il calore si misura in **Joule**.

Altra unità di misura $\rightarrow$ **caloria =** la quantità di calore necessaria ad elevare da 14,5 a 15,5°C la temperatura della massa di 1 g di acqua distillata alla pressione di 1 atm.

1cal = 4,186 J

Più comunemente si usa un multiplo della caloria, la kilocaloria **1 kcal = 1000 cal**, **1 Kcal = 4186 J**

Calore Specifico

La quantità di calore ceduta o assorbita da un corpo di massa *m* la cui temperatura varia da T_1 a T_2 è pari a

$$Q = c\, m\, (T_2 - T_1) = c\, m\, \Delta T$$

c è il **calore specifico** e dipende dal materiale in esame.

→ a parità di massa sostanze con calore specifico più piccolo si riscaldano più facilmente

$c_{H_2O} = 1 \frac{kcal}{kg\ °C} = 4186 \frac{J}{kg\ °C}$ relativamente alto rispetto altre sostanze

$c_{Hg} = 0.033 \frac{kcal}{kg\ °C}$ basso→ calore necessario per raggiungere l'equilibrio con il corpo a cui è a contatto è relativamente piccolo quindi adatto per i termometri

Capacità termica

Il prodotto c *m* è la **capacità termica** di un corpo: corrisponde alla variazione di energia interna molecolare del corpo quando la sua temperatura aumenta di un grado.

→ mentre il calore specifico è una grandezza che dipende solo dalla sostanza considerata la capacità termica dipende quindi anche dalla massa del corpo considerata: a parità di calore specifico, la capacità termica è quindi tanto maggiore quanto maggiore è la massa.

Temperatura di equilibrio

Se due corpi a differente temperatura iniziale, T_1 e T_2, vengono a contatto, dopo un certo tempo si portano ad una stessa **temperatura di equilibrio, T_f.**

Le quantità di calore scambiate dai due corpi sono (assunto $T_1 > T_2$)

$$Q_1 = c_1\, m_1\, (T_f - T_1) \qquad\qquad Q_2 = c_2\, m_2\, (T_f - T_2)$$

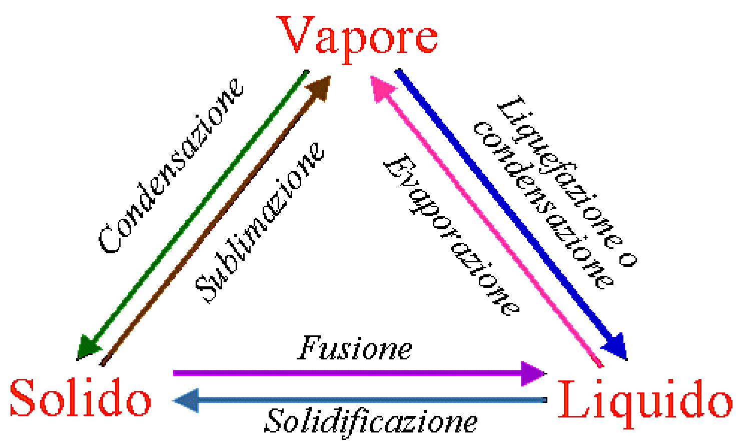
In un sistema isolato $Q_1 = - Q_2$

$\rightarrow c_1\, m_1\, (T_f - T_1) = c_2\, m_2\, (T_f - T_2)$

da cui si ricava:

$$T_f = \frac{c_1 m_1 T_1 + c_2 m_2 T_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2}$$

Passaggi di stato e calore latente
Quando cambiano le condizioni fisiche in cui un corpo si trova, può cambiare anche il suo stato di aggregazione.



Calore Latente

Quando in un processo si hanno dei cambiamenti di stato, il calore scambiato dal corpo non si converte in una variazione termica, ma serve a promuovere il passaggio di fase.

Le transizioni avvengono quindi (ad una data pressione) ad una temperatura costante caratteristica di ciascuna sostanza.
La quantità di calore scambiata da una sostanza durante un cambiamento di fase è:

$$Q = k\,m$$

dove k è il **calore latente**, dipende dalla sostanza ed è specifico per ogni tipo di trasformazione.

Es: calore latente di fusione ghiaccio-acqua ($\boldsymbol{k_f}$) è opposto al calore latente di solidificazione acqua-ghiaccio ($\boldsymbol{k_s}$).

$$k_f = -\,k_s = 80 \text{ kcal/kg}$$

Trasmissione del calore

Il calore si trasmette tra i corpi tramite tre differenti meccanismi:

conduzione ***convezione*** ***irraggiamento***

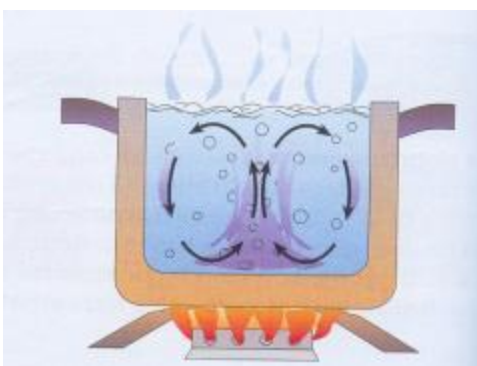
Il meccanismo prevalente dipende dallo stato di aggregazione dei corpi coinvolti e dalla loro disposizione geometrica.

Conduzione

La conduzione è il meccanismo prevalente quando due corpi solidi sono posti a contatto.
Le molecole del solido più caldo, urtando quelle del solido più freddo, cedono ad esse parte della loro energia cinetica.

Convezione

La **convezione** è il meccanismo prevalente in presenza di fluidi.
Poiché la densità del fluido diminuisce all'aumentare della temperatura, le parti di fluido più calde tendono a salire (per la spinta di Archimede) e quelle più fredde a scendere.
Si creano così dei **moti convettivi** che permettono di trasferire il calore ad ogni punto del fluido.



Irraggiamento

L’irraggiamento è il meccanismo di trasmissione di calore tra corpi non posti a contatto.
Ogni corpo emette infatti energia sotto forma di radiazione elettromagnetica, che può essere assorbita dai corpi esposti ad essa.
Ad esempio, è questo il meccanismo con cui la Terra riceve il calore emesso dal Sole (sotto forma di luce visibile e radiazione ultravioletta).
Anche il corpo umano emette calore sotto forma di radiazione infrarossa. Poiché l’energia irraggiata dipende dalla temperatura corporea la rivelazione delle onde infrarosse emesse dal corpo umano permette di risalire alla temperatura superficiale delle varie parti del corpo → **termografia**