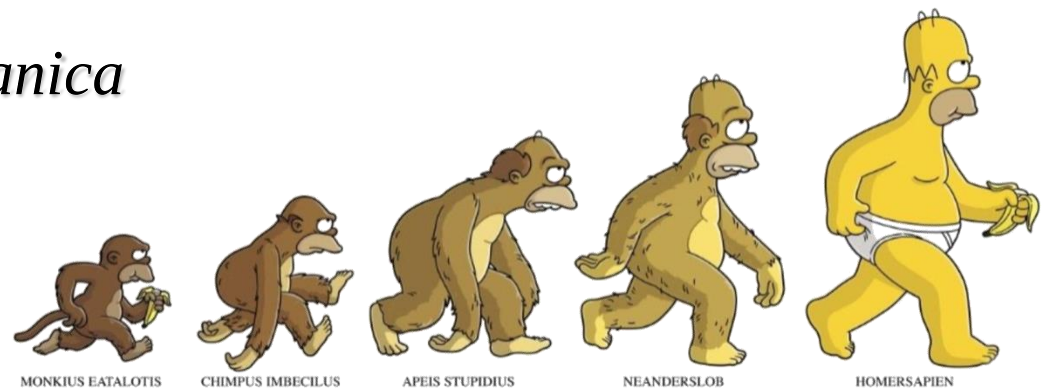
DESIGN DEL PRODOTTO INDUSTRIALE

FISICA TECNICA PER IL DESIGN

AA 2018-19

Meccanica

S.01



Michele Bottarelli - Dipartimento di Architettura di Ferrara
michele.bottarelli@unife.it

UNITA' DI MISURA

misura = numero + incertezza + unità di misura
(UNI 4546 1984)

Grandezza fondamentale unità di misura	definizione
Lunghezza metro [m]	Il *metro* è la lunghezza pari a 1650763,73 lunghezze d'onda nel vuoto della radiazione corrispondente alla transizione tra i livelli $2\,p_{10}$ e $5\,d_5$ dell'atomo di cripto 86. (11° CGPM, 1960, ris. 6) [1]. il *metro* corrisponde alla distanza percorsa nel vuoto dalla luce in 1/299792458 secondi [2].
Massa kilogrammo [kg]	il *kilogrammo* è l'unità di massa, esso é pari alla massa del prototipo internazionale del kilogrammo (3° CGPM, 1901, pag. 70 del resoconto) [1]. il *kilogrammo* è la massa uguale a quella del campione primario N.1, cilindro di platino-iridio conservato a Sévres presso il B.I.P.M. (Bureau Internationale Poids et measures) [2]
Intervallo di tempo secondo [s]	il *secondo* è l'intervallo di tempo che corrisponde a 9192631770 cicli della radiazione corrispondente alla transizione tra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'isotopo 133 del cesio. [1-2]
Intensità di corrente elettrica Ampere [A]	l'Ampere è l'intensità di corrente costante che, se mantenuta in due conduttori paralleli, rettilinei, di lunghezza infinita, di sezione circolare trascurabile e posti alla distanza di un metro l'uno dall'altro nel vuoto, produce tra i conduttori una forza eguale a 2×10^{-7} N per metro di lunghezza (CGPM, 1946, ris. 2 approvata dalla 9° CGPM, 1948).
Intervallo di temperatura Kelvin [K]	il *Kelvin*, unità di temperatura termodinamica, è la frazione 1/273.16 della temperatura del punto triplo dell'acqua. (13° CGPM, 1967, ris. 4) [1]
Intensità luminosa Candela [cd]	dopo il XVI CGPM del 1979 la definizione di *candela* è: l'intensità luminosa, in una data direzione, di una sorgente che emette una radiazione monocromatica di frequenza 540 10^{12} Hz e la cui intensità energetica in tale direzione è di 1/683 W/sr [1-2].
Quantità di materia (sostanza?) Mole [mol]	la *mole*, è la quantità di sostanza di un sistema che contiene tante unità elementari quanti sono gli atomi contenuti in 0.012 kg di carbonio 12. Quando si usa la mole le unità elementari debbono essere specificate, esse possono essere: atomi, molecole, ioni, elettroni o altre particelle oppure raggruppamenti specificati di tali particelle(14° CGPM, 1971, ris. 3) [1]

Fonti:

[1] Allegato al DPR 12.08.82 n. 802

[2] *NIST Guide for the Use of the International System of Units (SI)* – 1995

multipli e sottomultipli	prefissi	simboli
10^{18}	Exa	E
10^{15}	Peta	P
10^{12}	Tera	T
10^{9}	Giga *	G
10^{6}	Mega *	M
10^{3}	Kilo *	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
10^{-18}	Atto	a

UNITA' DI MISURA

Grandezza fisica	unità di misura	simbolo	Equivalenza
Superficie	metro quadrato	m^2	
Volume	metro cubo	m^3	
Frequenza	Hertz	Hz	1/s
Numero d'onde	1 per metro	m^{-1}	
Velocità	metro per secondo	m/s	
Accelerazione	metro per secondo quadrato	m/ s^2	
Velocità angolare	radiante per secondo	r/s	
Accelerazione angolare	radiante per secondo quadrato	r/ s^2	
Massa volumica	kilogrammo per metro cubo	kg/ m^3	
Forza	Newton	N	$kg\ m / s^2$
Pressione	Pascal	Pa	$kg /(m\ s^2)$
Viscosità dinamica	Newton secondo per metro quadrato	$N\ s/ m^2$	kg /(m s)
Viscosità cinematica	metro quadrato per secondo	m^2/s	
Energia, lavoro	Joule	J	$kg\ m^2/ s^2$
Potenza	Watt	W	$kg\ m^2/ s^3$
Entropia	Joule per Kelvin	J/K	$kg\ m^2/(s^2\ K)$
calore specifico	Joule per kilogrammo Kelvin	J/(kg K)	$m^2/(s^2\ K)$
Conduttività termica	Watt per metro Kelvin	W/(m K)	$kg\ m/(s^3\ K)$
carica elettrica	Coulomb	C	
Tensione elettrica	Volt	V	
Campo elettrico	Volt per metro	V/m	
Capacità elettrica	Farad	F	
Permittività	Farad per metro	F/m	
Resistenza elettrica	Ohm	Ω	
Induzione magnetica	Tesla	T	
flusso induzione magnet.	Weber	Wb	
Campo magnetico	Ampere per metro	A/m	
forza magnetomotrice	Ampere	A	
Induttanza	Henry	H	
Permeabilità	Henry per metro	H/m	
flusso luminoso	lumen	lm	
Luminanza	candela per metro quadro	cd/m^2	
Illuminamento	lux	lx	
Intensità energetica	Watt per steradiante	W/sr	

$$1kg_f = 9{,}80665N$$

$$1Pa = \frac{1N}{1m^2}\cdot\frac{m}{m} = \frac{1J}{1m^3}$$

$$1bar = 10^5 Pa$$

$$1atm = 101325Pa = 101{,}325kPa$$

$$1J = 1N \cdot 1m$$

$$1kW = \frac{1kJ}{1s}$$

$$1kWh = \frac{1kJ}{1s}\cdot 3600s = 3600kJ$$

MOLE

La mole è la quantità di sostanza di un sistema che contiene un numero di entità pari al numero degli atomi presenti in 12 grammi di carbonio-12.
Tale numero è noto come costante di Avogadro ed è pari a $6{,}02214179 \times 10^{23}$

Quindi una mole di acqua contiene $6{,}02214179 \times 10^{23}$ molecole di acqua, così come una mole di ammoniaca o di qualunque altra sostanza.

TAVOLA PERIODICA DEGLI ELEMENTI

http://www.periodni.com/it/

PERIODO / GRUPPO	1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIIIB	9 VIIIB	10 VIIIB	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1	1 1.0079 H IDROGENO																	2 4.0026 He ELIO
2	3 6.941 Li LITIO	4 9.0122 Be BERILLIO											5 10.811 B BORO	6 12.011 C CARBONIO	7 14.007 N AZOTO	8 15.999 O OSSIGENO	9 18.998 F FLUORO	10 20.180 Ne NEO
3	11 22.990 Na SODIO	12 24.305 Mg MAGNESIO											13 26.982 Al ALLUMINIO	14 28.086 Si SILICIO	15 30.974 P FOSFORO	16 32.065 S SOLFO	17 35.453 Cl CLORO	18 39.948 Ar ARGO
4	19 39.098 K POTASSIO	20 40.078 Ca CALCIO	21 44.956 Sc SCANDIO	22 47.867 Ti TITANIO	23 50.942 V VANADIO	24 51.996 Cr CROMO	25 54.938 Mn MANGANESE	26 55.845 Fe FERRO	27 58.933 Co COBALTO	28 58.693 Ni NICHEL	29 63.546 Cu RAME	30 65.409 Zn ZINCO	31 69.723 Ga GALLIO	32 72.64 Ge GERMANIO	33 74.922 As ARSENICO	34 78.96 Se SELENIO	35 79.904 Br BROMO	36 83.798 Kr CRIPTO
5	37 85.468 Rb RUBIDIO	38 87.62 Sr STRONZIO	39 88.906 Y ITTRIO	40 91.224 Zr ZIRCONIO	41 92.906 Nb NIOBIO	42 95.94 Mo MOLIBDENO	43 (98) Tc TECNETO	44 101.07 Ru RUTENIO	45 102.91 Rh RODIO	46 106.42 Pd PALLADIO	47 107.87 Ag ARGENTO	48 112.41 Cd CADMIO	49 114.82 In INDIO	50 118.71 Sn STAGNO	51 121.76 Sb ANTIMONIO	52 127.60 Te TELLURIO	53 126.90 I IODIO	54 131.29 Xe XENO
6	55 132.91 Cs CESIO	56 137.33 Ba BARIO	57-71 La-Lu Lantanidi	72 178.49 Hf AFNIO	73 180.95 Ta TANTALIO	74 183.84 W WOLFRAMIO	75 186.21 Re RENIO	76 190.23 Os OSMIO	77 192.22 Ir IRIDIO	78 195.08 Pt PLATINO	79 196.97 Au ORO	80 200.59 Hg MERCURIO	81 204.38 Tl TALLIO	82 207.2 Pb PIOMBO	83 208.98 Bi BISMUTO	84 (209) Po POLONIO	85 (210) At ASTATO	86 (222) Rn RADON
7	87 (223) Fr FRANCIO	88 (226) Ra RADIO	89-103 Ac-Lr Attinidi	104 (267) Rf RUTHERFORDIO	105 (268) Db DUBNIO	106 (271) Sg SEABORGIO	107 (272) Bh BOHRIO	108 (277) Hs HASSIO	109 (276) Mt MEITNERIO	110 (281) Ds DARMSTADTIO	111 (280) Rg ROENTGENIO							

MASSA ATOMICA RELATIVA (1)
GRUPPO IUPAC 13 — GRUPPO CAS IIIA
NUMERO ATOMICO 5 — 10.811
SIMBOLO B
BORO
NOME DELL' ELEMENTO

Metalli · Semimetal · Non metalli
Metalli alcalini · Calcogeni
Metalli alcalino terrosi · Alogeni
Metalli di transizione · Gas nobili
Lantanidi
Attinidi

STATO DI AGGREGAZIONE A 25 °C
Ne - gas · Fe - solido
Hg - liquido · Tc - artificiali

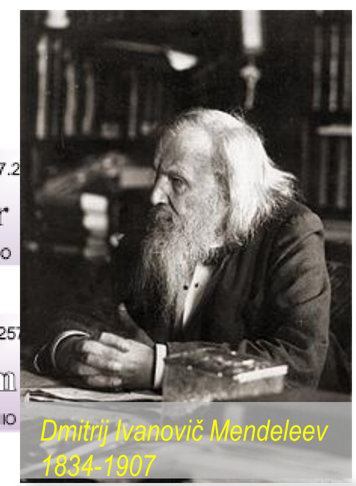
LANTANIDI

57 138.91 La LANTANIO	58 140.12 Ce CERIO	59 140.91 Pr PRASEODIMIO	60 144.24 Nd NEODIMIO	61 (145) Pm PROMETIO	62 150.36 Sm SAMARIO	63 151.96 Eu EUROPIO	64 157.25 Gd GADOLINIO	65 158.93 Tb TERBIO	66 162.50 Dy DISPROSIO	67 164.93 Ho OLMIO	68 167.2 Er ERBIO

ATTINIDI

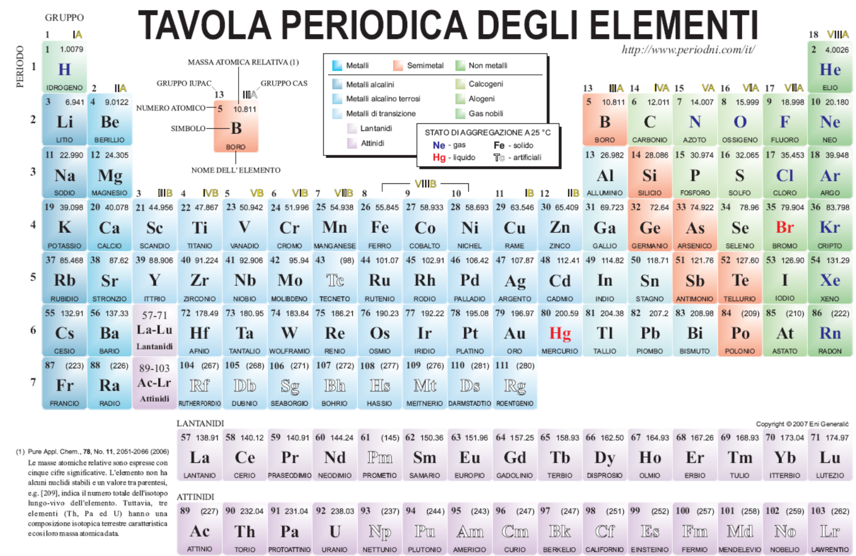
89 (227) Ac ATTINIO	90 232.04 Th TORIO	91 231.04 Pa PROTOATTINIO	92 238.03 U URANIO	93 (237) Np NETTUNIO	94 (244) Pu PLUTONIO	95 (243) Am AMERICIO	96 (247) Cm CURIO	97 (247) Bk BERKELIO	98 (251) Cf CALIFORNIO	99 (252) Es EINSTEINIO	100 (25 Fm FERMIO

(1) Pure Appl. Chem., 78, No. 11, 2051-2066 (2006)
Le masse atomiche relative sono espresse con cinque cifre significative. L'elemento non ha alcuni nuclidi stabili e un valore tra parentesi, e.g. [209], indica il numero totale dell'isotopo lungo-vivo dell'elemento. Tuttavia, tre elementi (Th, Pa ed U) hanno una composizione isotopica terrestre caratteristica e cosi loro massa atomica data.



MASSA MOLARE

per una mole di ^{12}C:
numero di atomi in 12g   6,02214179 x 10^{23}
($\approx 2^{79}$ unità elementari = Numero di Avogadro)
massa atomica assoluta 1,99265 x 10^{-23}kg



Si definisce:
***u** = unità di massa atomica*
= 1/12 della massa atomica assoluta del ^{12}C

Per comodità, la massa atomica degli altri elementi si esprime in termini relativi
m** = massa atomica relativa = (massa atomica assoluta) / **u

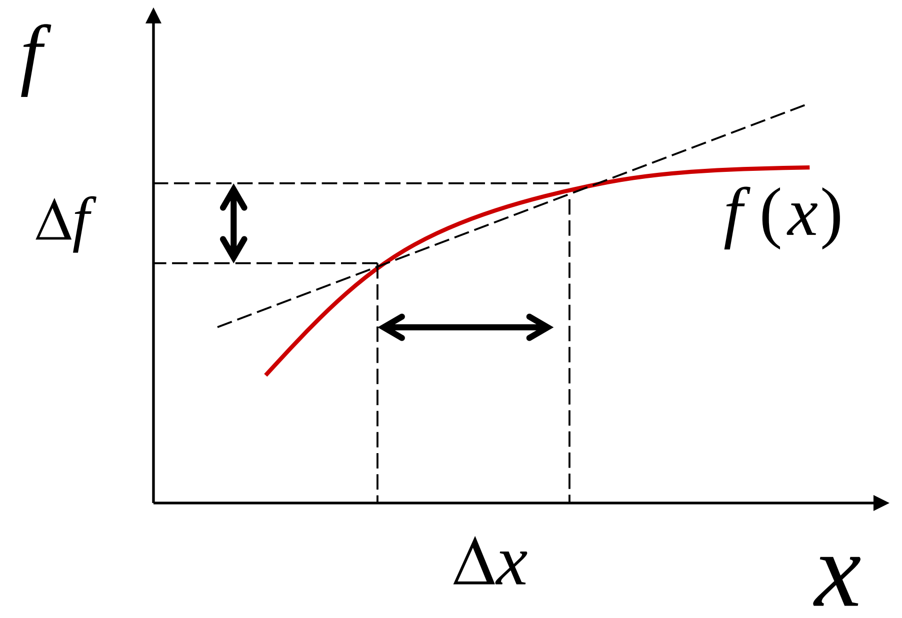
In CN, ogni mole occupa il medesimo volume (22,414 l)
La mole è quindi la massa di una sostanza pari al suo *peso molecolare* (**M**)

Ossigeno, peso atomico: 16 $\Rightarrow$ massa di una mole di O_2: 32 g/mol
Azoto, peso atomico: 14 $\Rightarrow$ massa di una mole di N_2: 28 g/mol
Idrogeno, peso atomico: 1 $\Rightarrow$ massa di una mole di H_2: 2 g/mol
Cloro, peso atomico: 35,5 $\Rightarrow$ massa di una mole di Cl_2: 71 g/mol

Differenziazione

$\dfrac{\Delta f(x)}{\Delta x}$ = "pendenza" di *f* nel "punto" *x*

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta f(x)}{\Delta x} = \frac{df(x)}{d(x)}$$



Notazioni:

$$\frac{df}{dx} := f' \qquad \frac{df'}{dx} = f''$$

Alcune regole:

$$a + b \to a' + b'$$

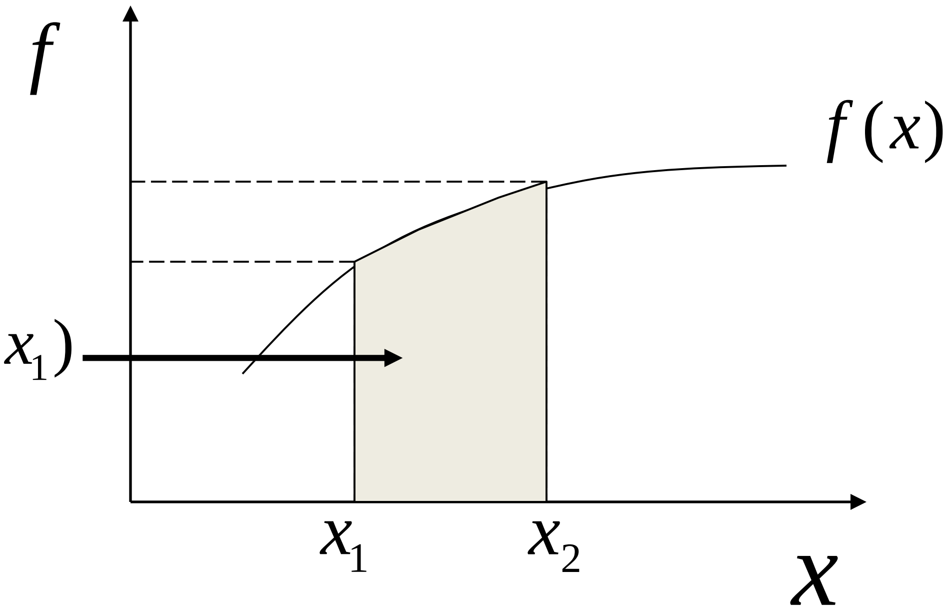
$$a \cdot b \to a' \cdot b + a \cdot b'$$

$$a(b) \to a'(b) \cdot b'$$

$f(x)$	$\dfrac{df(x)}{dx}$
x	1
x^n	$n \cdot x^{n-1}$
$\sin(x)$	$\cos(x)$
$\cos(x)$	$-\sin(x)$
e^x	e^x

Integrazione

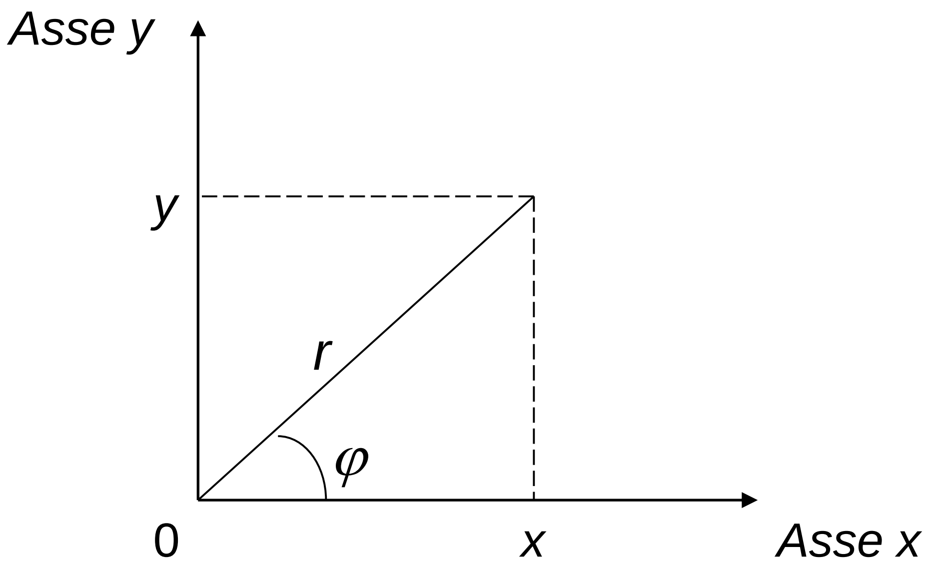
$$\int_{x_1}^{x_2} f(x)dx = \left[F(x)\right]_{x_1}^{x_2} = F(x_2) - F(x_1)$$



con $\quad F'(x) = f(x)$

esempio: $\quad \int f(x)dx = \int x dx \quad \Rightarrow F(x) = \frac{1}{2} \cdot x^2$

Funzioni trigonometriche



$$\frac{y}{r} = \sin\varphi \qquad \frac{x}{r} = \cos\varphi$$

$$\frac{y}{x} = \tan\varphi \qquad \frac{x}{y} = \cot\varphi$$

Da Pitagora (570 a.C.): $x^2 + y^2 = r^2$

$$\sin^2\varphi + \cos^2\varphi = 1$$

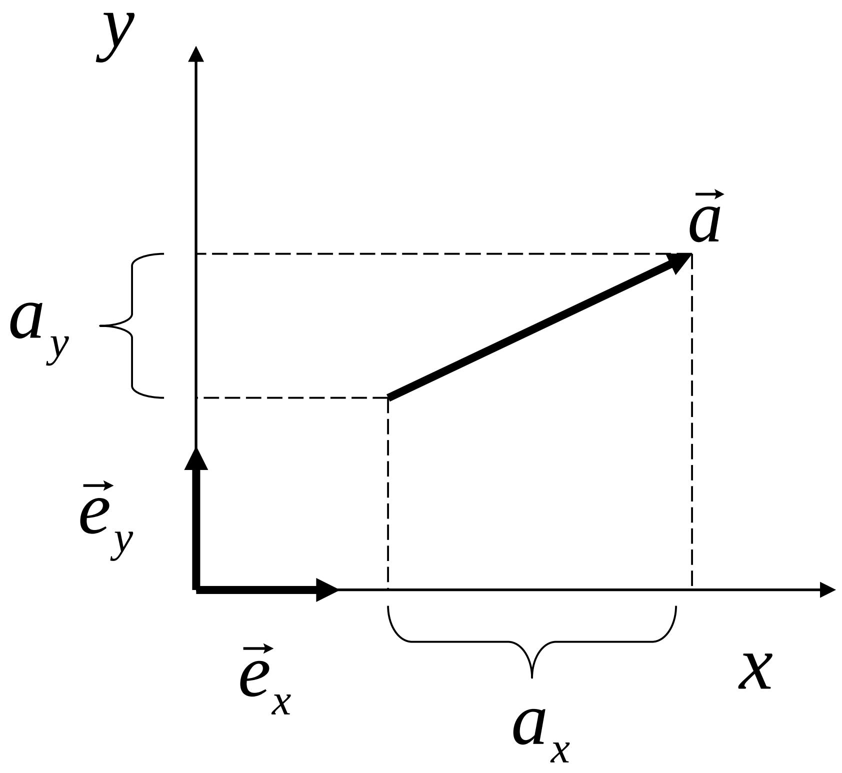
Un giro completo: 360 gradi o 2π

Vettori

In due dimensioni:

$$\vec{a} = (a_x, a_y)$$

Si riferisce nel nostro caso a un certo sistema di riferimento, da definire



Vettori

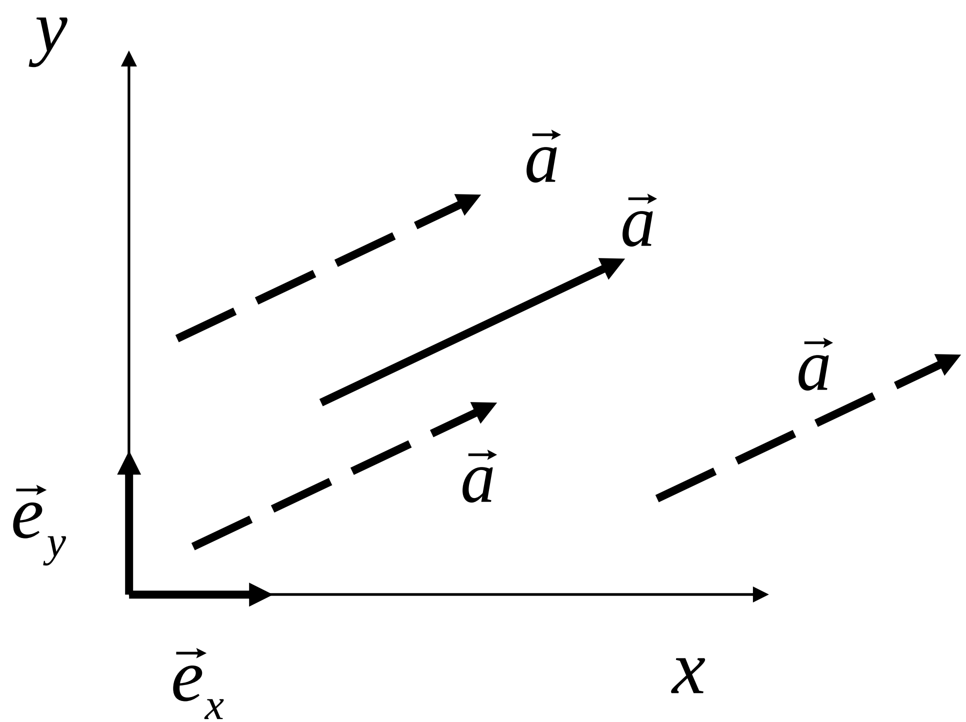
Due vettori $\vec{a} = (a_x, a_y), \quad \vec{b} = (b_x, b_y)$ sono uguali quando $a_x = b_x, \quad a_y = b_y$

Modulo di un vettore

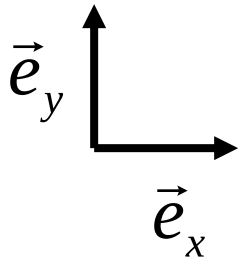
$$|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

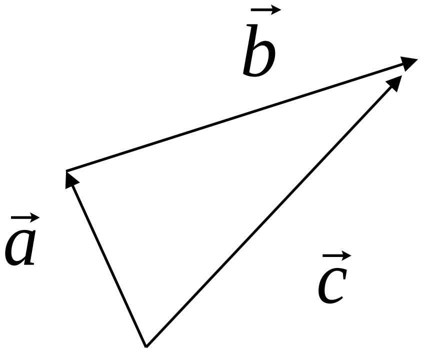
Moltiplicazione per uno scalare

$$\lambda \cdot \vec{a} = (\lambda \cdot a_x, \lambda \cdot a_y)$$

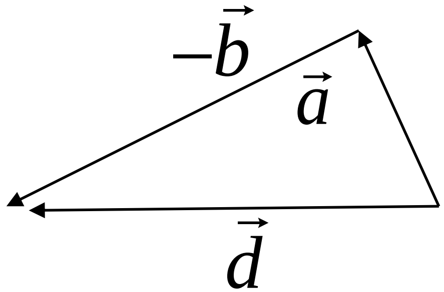


Somma di vettori



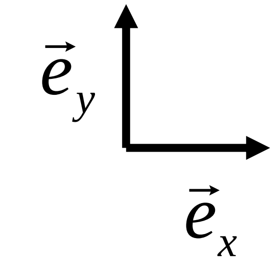


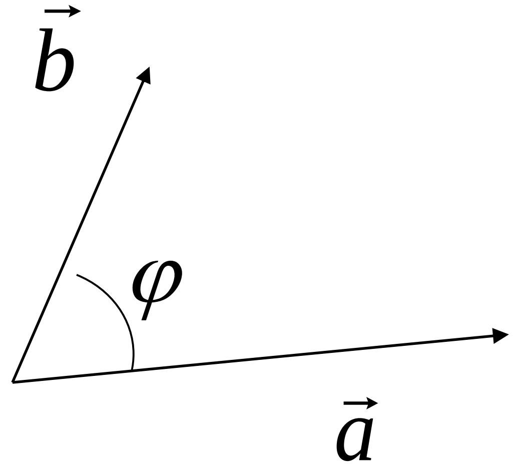
$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b} = (a_x + b_x, a_y + b_y) = (c_x, c_y)$$



$$\vec{d} = \vec{a} - \vec{b} = (a_x - b_x, a_y - b_y) = (d_x, d_y)$$

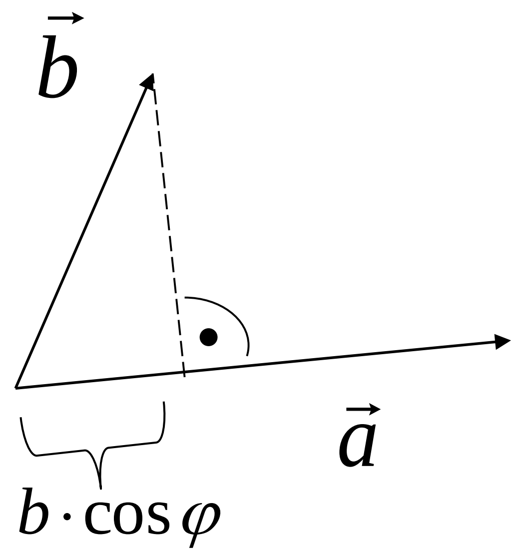
Prodotto scalare di vettori





$$\vec{a} \bullet \vec{b} = a \cdot b \cdot \cos\varphi = a_x \cdot b_x + a_y \cdot b_y$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a}$$



E: Calcoliamo il prodotto scalare fra i vettori

$$\vec{v}_1 = (1.5, 2.3) \qquad \vec{v}_2 = (2.5, 4.3)$$

$$\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = 1.5 \cdot 2.5 + 2.3 \cdot 4.3 = 13.64$$

E quindi i loro moduli e l'angolo compreso fra di essi.

- La definizione ci dà subito

$$\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = v_1 \cdot v_2 \cdot \cos\varphi$$

- I moduli dei vettori si calcolano come prodotti scalari dei vettori per sé stessi. Dunque:

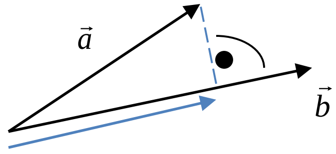
$$\sqrt{\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_1} = \sqrt{1.5^2 + 2.3^2} = 2.746$$

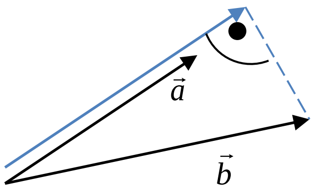
$$\sqrt{\vec{v}_2 \cdot \vec{v}_2} = \sqrt{2.5^2 + 4.3^2} = 4.974$$

$$\cos\phi = \frac{\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2}{v_1 \cdot v_2} = \frac{13.6}{2.746 \cdot 4.974} = 0.9986 \qquad \varphi = 3.0^0$$

E : Siano dati i vettori $\vec{a} = (3.0, -4.0, 0.0)$ $\vec{b} = (-1.0, 3.0, -2.0)$

Trovare la componente di a nella direzione di b.





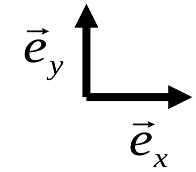
- Effettuiamo il prodotto scalare

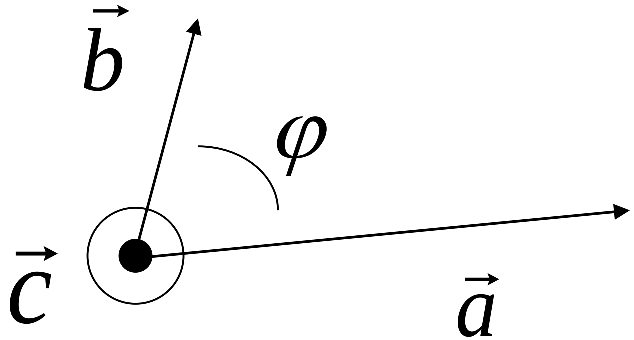
$$\vec{a} \cdot \vec{b} = -3.0 - 12.0 - 0 = -15.0$$

Il modulo di b è: $\left|\vec{b}\right| = \sqrt{1.0 + 9.0 + 4.0} = 3.74$

Infine: $$a_b = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{b} = \frac{-15.0}{3.74} = -4.0$$

Prodotto vettoriale di vettori



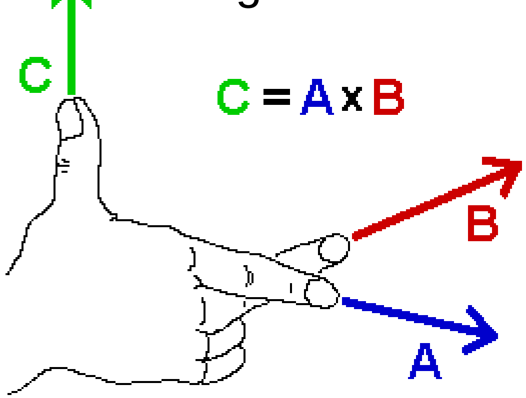


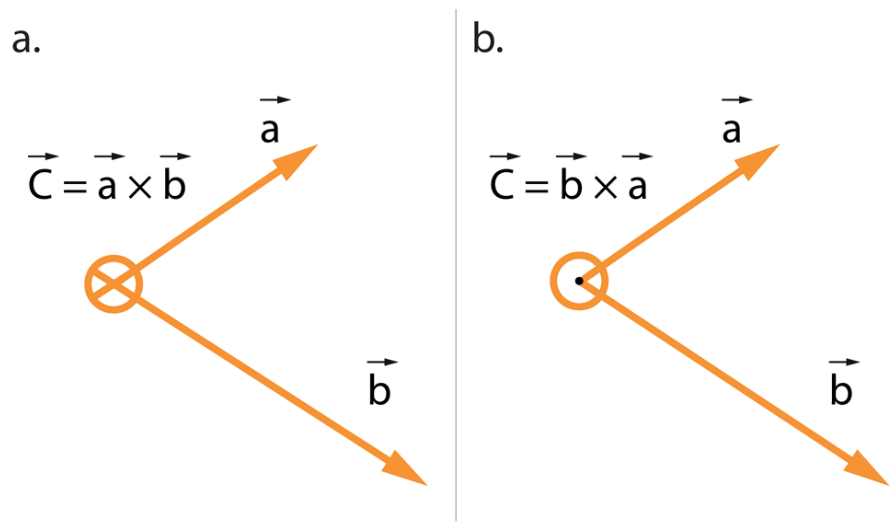
$$\vec{a} \times \vec{b} = \vec{c} = a \cdot b \cdot \sin\varphi$$

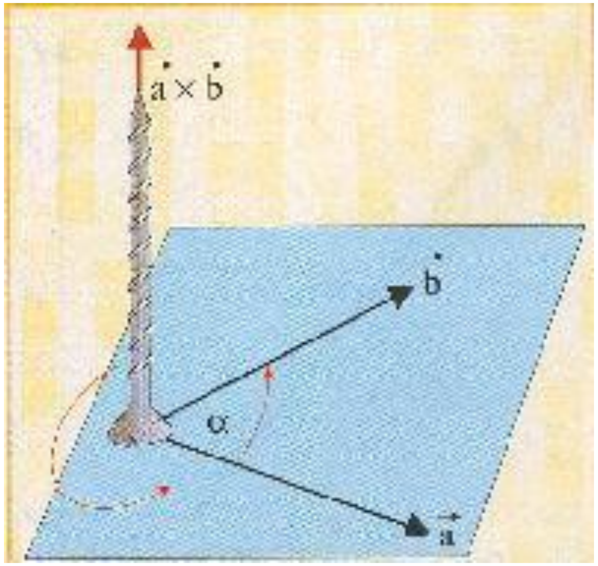
$\vec{c}$ e' un vettore con direzione normale al piano contenente $\vec{a}, \vec{b}$

$$\vec{a} \times \vec{b} \neq \vec{b} \times \vec{a}$$

regola della mano

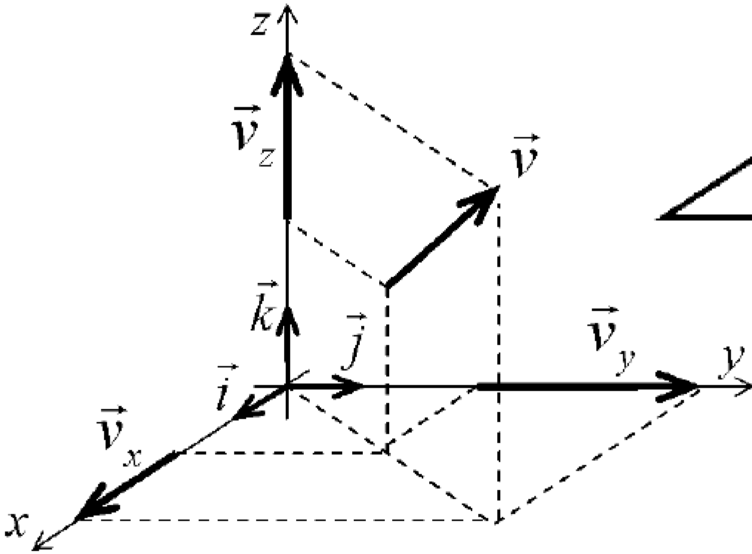


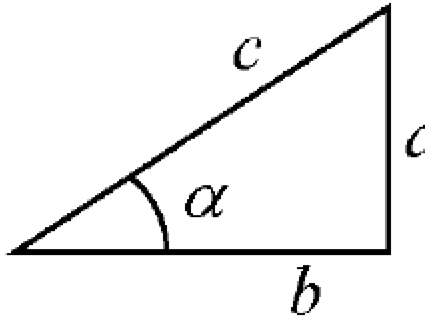




$$\vec{a}\times\vec{b}=\det\begin{bmatrix} i & j & k \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} \vec{a}\times\vec{b}=\vec{c}=(a_y\cdot b_z-a_z\cdot b_y)\vec{i}+(a_z\cdot b_x-a_x\cdot b_z)\vec{j}+(a_x\cdot b_y-a_y\cdot b_x)\vec{k} \\ \vec{a}\times\vec{b}=\vec{c}=((a_y\cdot b_z-a_z\cdot b_y),(a_z\cdot b_x-a_x\cdot b_z),(a_x\cdot b_y-a_y\cdot b_x)) \end{cases}$$

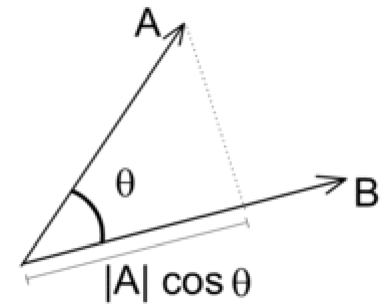


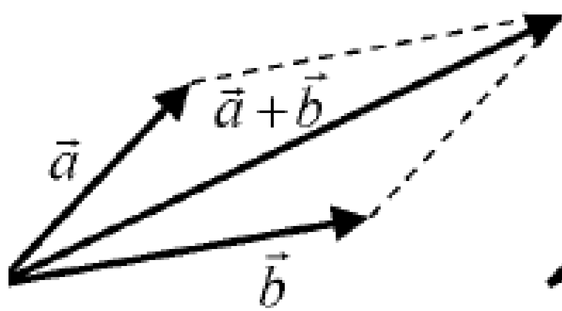


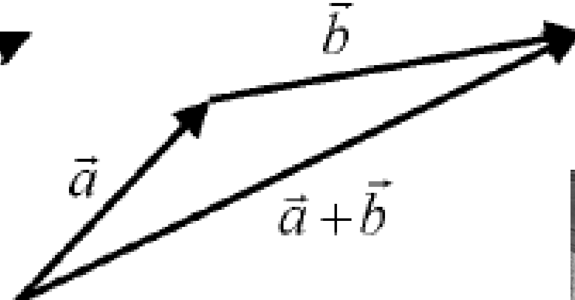
$$\text{seno di } \alpha = \operatorname{sen} \alpha = \frac{a}{c}$$

$$\text{coseno di } \alpha = \cos \alpha = \frac{b}{c}$$

$$\text{tangente di } \alpha = \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b} = \frac{\operatorname{sen} \alpha}{\cos \alpha}$$







http://lucianopirri.altervista.org/Fisica/appunti/index.html

Il prodotto vettoriale è importante per discutere in modo più facile il moto rotatorio e per discutere forze che agiscono su una asse.

Esempio: un punto è in rotazione intorno ad un’asse.

Il tempo di cui ha bisogno per viaggiare

per un certo angolo $\Delta\varphi$

dipende solo dalla componente di $\vec{v}$

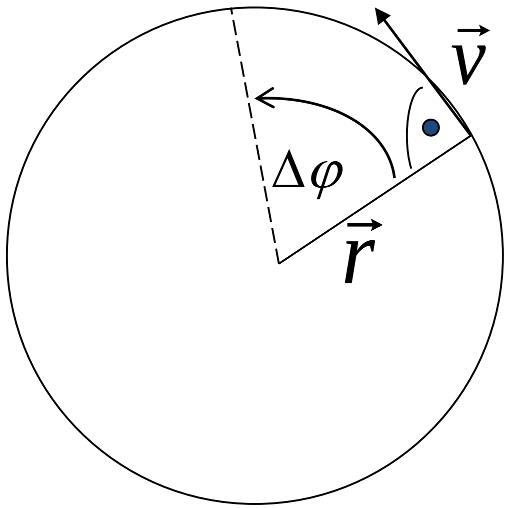
perpendicolare con $\vec{r}$

Una eventuale componente di $\vec{v}$

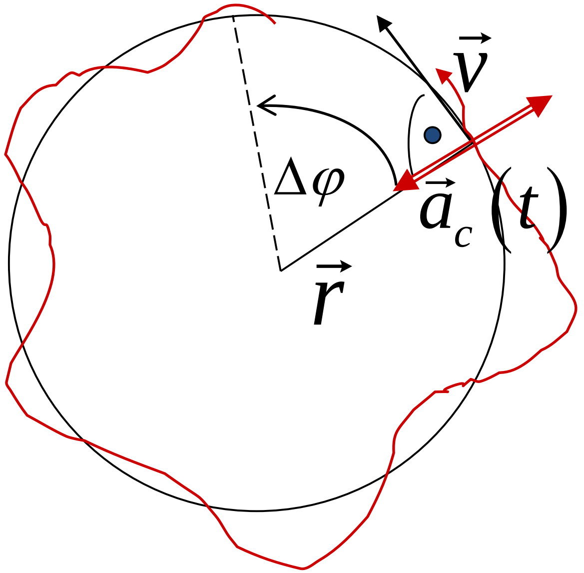
Parallelo a $\vec{r}$ non importa

$\Rightarrow$Si usa il prodotto vettoriale $\vec{r} \times \vec{v}$

per descrivere un moto rotatorio



$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$$



$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\vec{\omega} \times \vec{r}\right) = \dot{\vec{\omega}} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt}$$

$$\vec{a}(t) = \vec{a}_t(t) + \vec{a}_c(t)$$

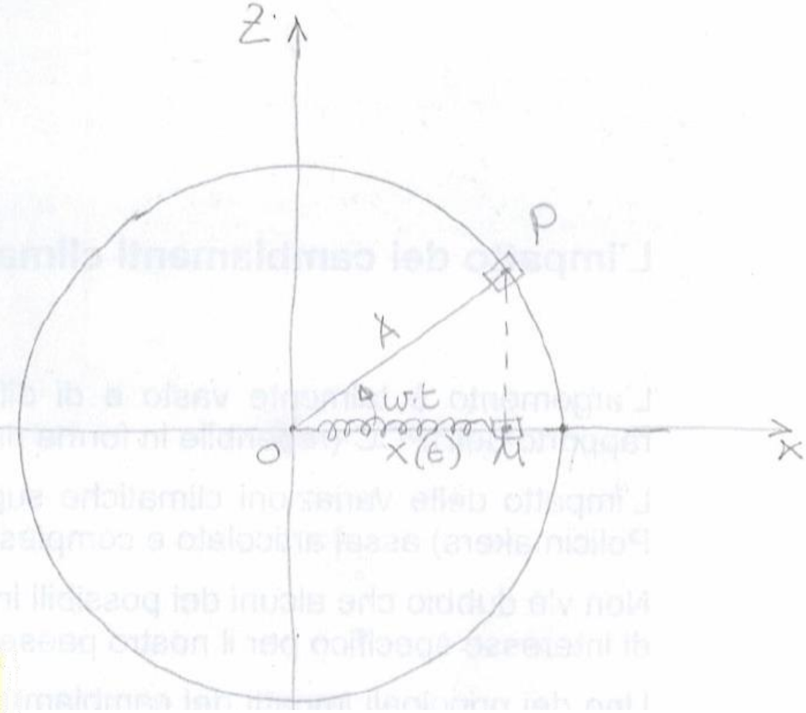
$$\vec{a}_c(t) = \vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{\omega} \times \left(\vec{\omega} \times \vec{r}\right)$$

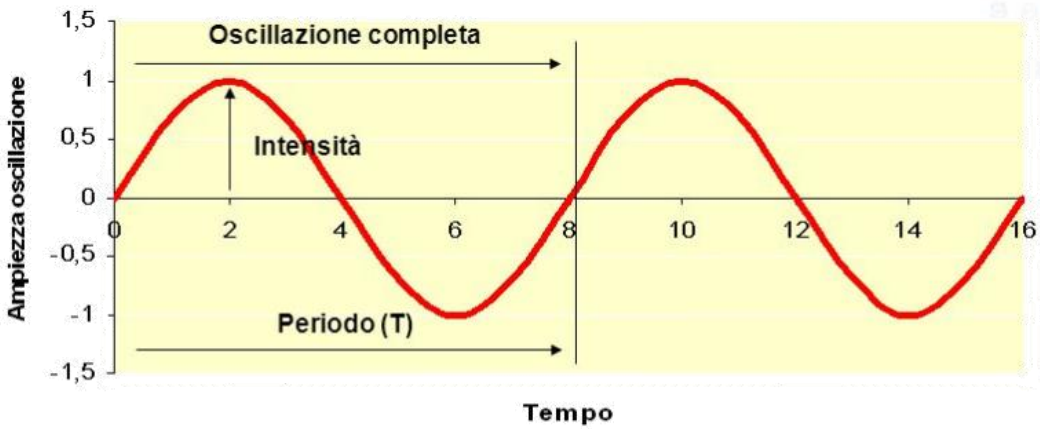
$$\left|\vec{a}_c(t)\right| = -\omega^2 r$$

$$OM = x(t) = A\cos(\omega t)$$

$$v_M(t) = \frac{dx}{dt} = -A\omega \operatorname{sen}(\omega t)$$

$$a_M(t) = \frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega^2 \cos(\omega t)$$





- Intensità: ampiezza della vibrazione = volume del suono
- Periodo (T): il tempo necessario per un'oscillazione completa, si misura in secondi
- Frequenza ($f = 1/T$): il numero di oscillazioni nel tempo di un secondo (si misura in Hertz) = altezza del suono

1° Principio (d’inerzia)

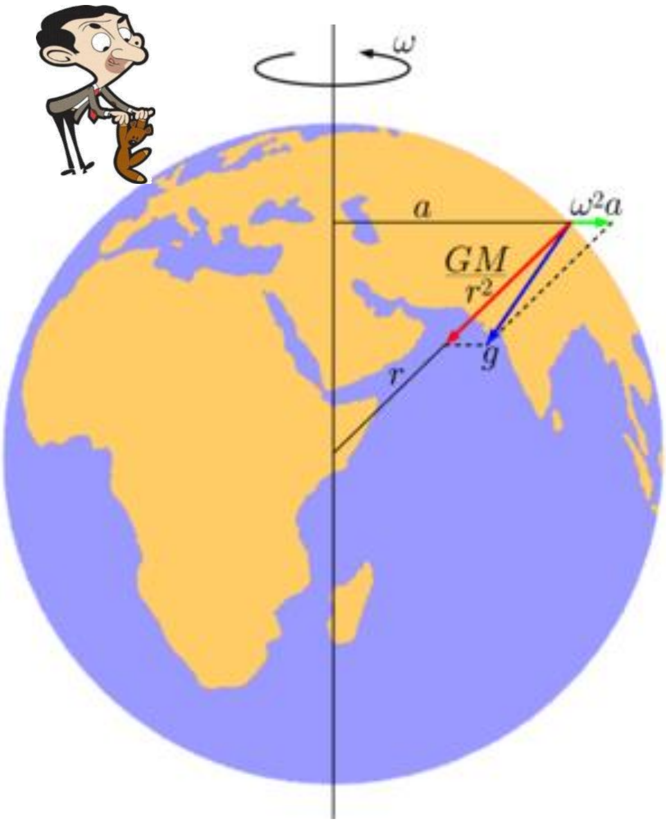
un corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, finché su di esso non agisce una azione esterna.

*2°Principio (F=m*a)*

L’accelerazione di un punto materiale è direttamente proporzionale alla forza risultante agente su di esso e inversamente proporzionale alla massa.

3° Principio (azione/reazione)

Se un corpo esercita una forza su di un secondo corpo, questo esercita sul primo una forza uguale ed opposta.

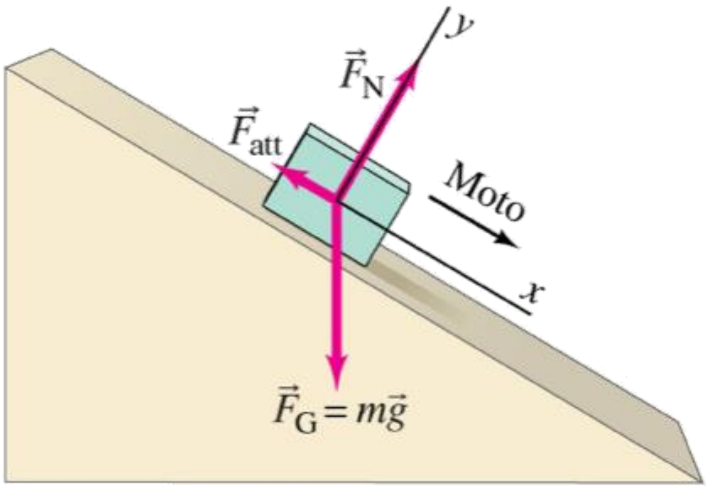


$$g = \frac{F}{m} = \frac{GM_T}{{R_T}^2}$$

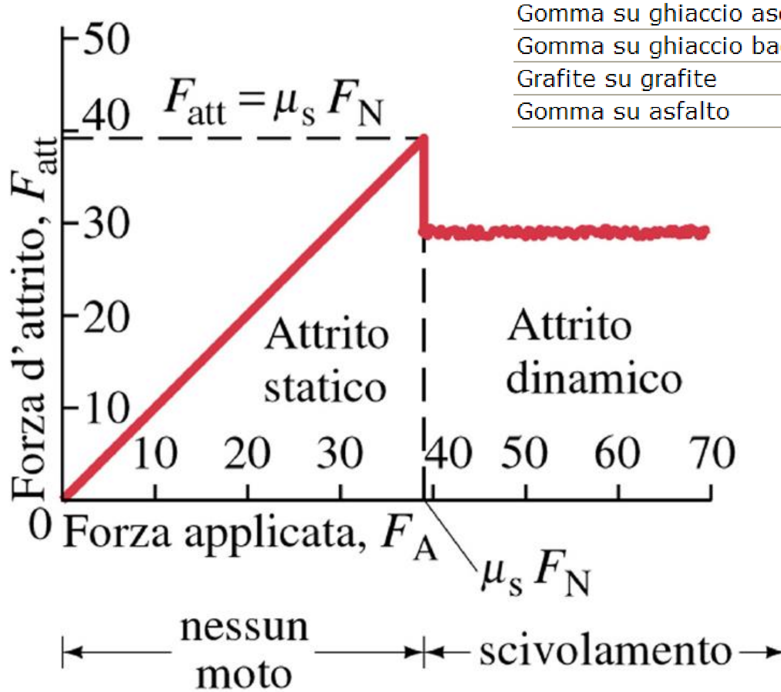
G è la costante gravitazionale
$6{,}67 \cdot 10^{-11}$ m³/kg*sec²

Corpo celeste	*Rispetto alla Terra*	*m/s²*
Sole	7,90	274,1
Mercurio	0,3770	3,703
Venere	0,9032	8,872
Terra	1	9,8226
Luna	0,1655	1,625
Marte	0,3895	3,728
Giove	2,640	25,93
Saturno	1,139	11,19
Urano	0,917	9,01
Nettuno	1,148	11,28

$$F = \frac{GM_T m}{{R_T}^2}$$
$$= \frac{6{,}674 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{Nm^2kg^{-2}} \cdot 5{,}974 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg} \cdot 1\ \mathrm{kg}}{(6{,}373 \cdot 10^6\ \mathrm{m})^2}$$
$$\simeq 9{,}82\ \mathrm{N}$$

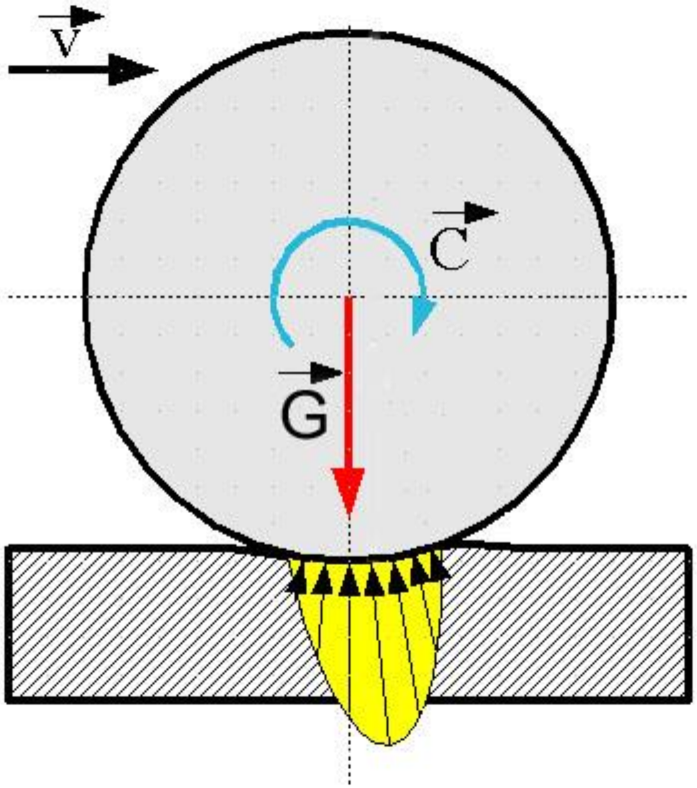


Materiale	Statico	Dinamico o Radente
Acciaio su acciaio	0.74	0.57
Acciaio su acciaio lubrificato	0.11	0.05
Alluminio su acciaio	0.61	0.47
Rame su acciaio	0.53	0.36
Ottone su acciaio	0.51	0.44
Vetro su vetro	0.94	0.40
Rame su vetro	0.68	0.53
Teflon su teflon	0.04	0.04
Teflon su acciaio	0.04	0.04
Acciaio su aria	0.001	0.001
Acciaio su ghiaccio	0.027	0.014
Legno su pietra	0.7	0.3
Gomma su cemento asciutto	0.65	0.5
Gomma su cemento bagnato	0.4	0.35
Gomma su ghiaccio asciutto	0.2	0.15
Gomma su ghiaccio bagnato	0.1	0.08
Grafite su grafite	0.1	
Gomma su asfalto		0.97

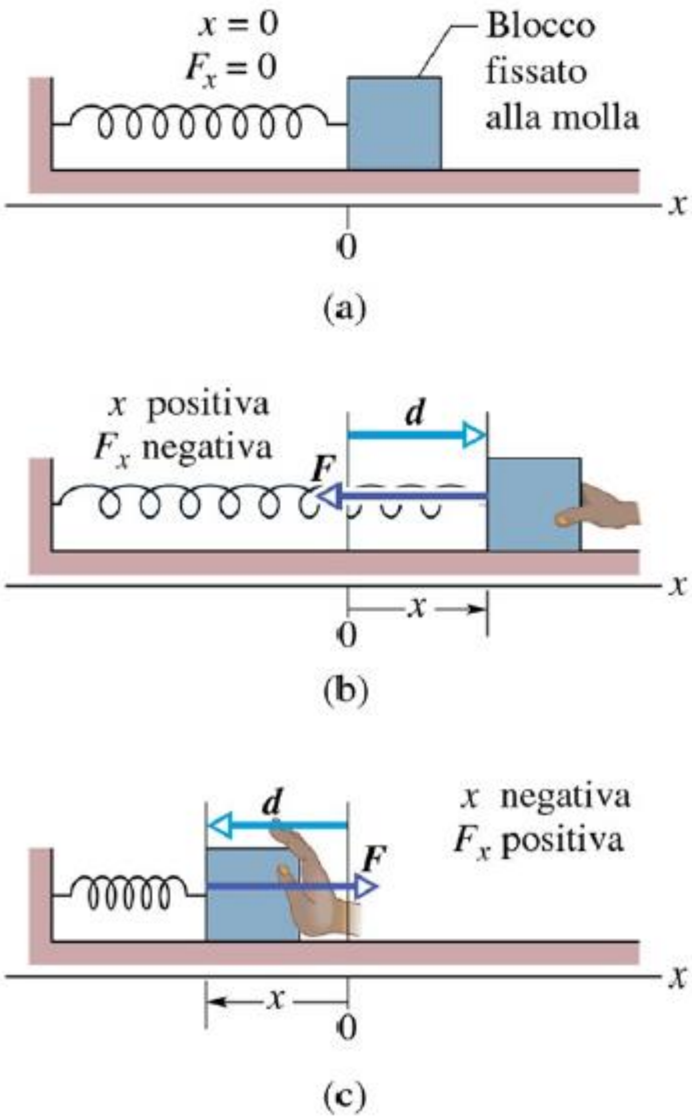


$$F_v = \mu_v \cdot F_\perp$$

Superfici	μ_v
Legno - legno	0,0015
Acciaio - acciaio	0,0005
Legno - acciaio	0,0012
Gomma - asfalto	0,02
Pneumatico - Asfalto	5÷10
Ruota ferroviaria - rotaia	0,3÷0,5
Sfere rotolanti (cuscinetti)	0,0025÷0,01

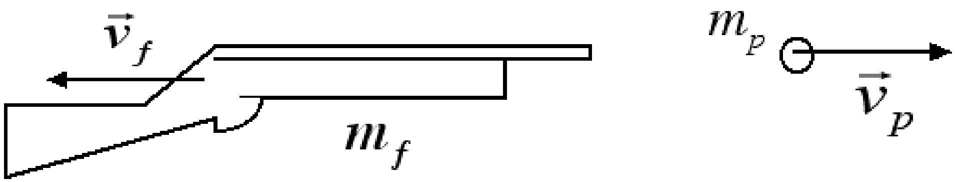


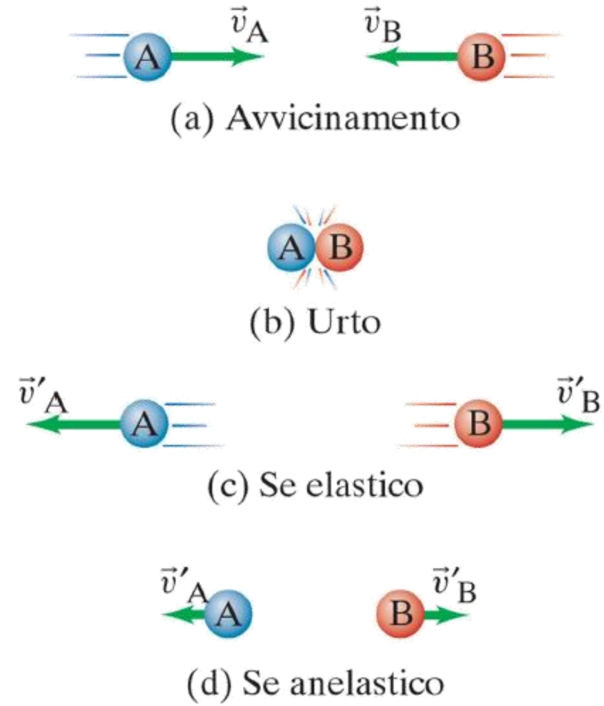
WIKIPEDIA



$$F_{elas} = -k(x - x_o)$$

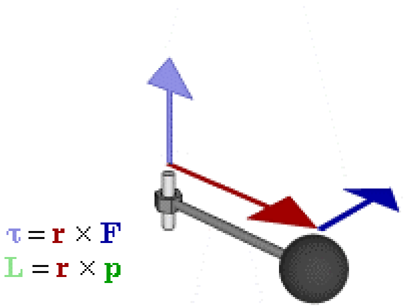
k = costante elastica



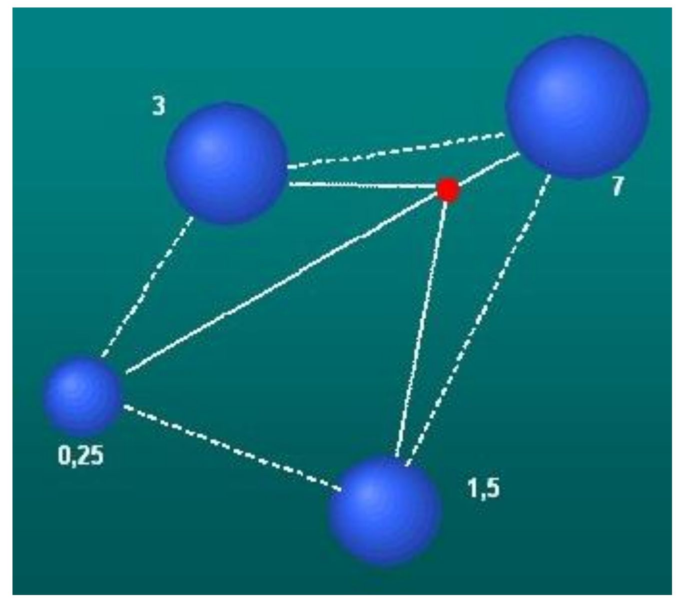


$$\mathbf{P} = \sum_i^N \mathbf{P}_i = \sum_i^N m_i \mathbf{v}_i = m_1 \mathbf{v}_1 + m_2 \mathbf{v}_2 + \ldots + m_N \mathbf{v}_N$$


depositphotos

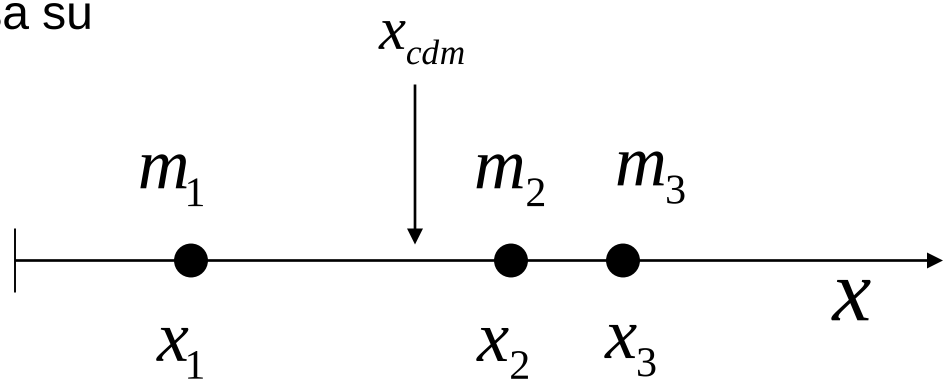

$\tau = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$
$\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}$


Hai controllato il
baricentro?


3
7
0,25
1,5

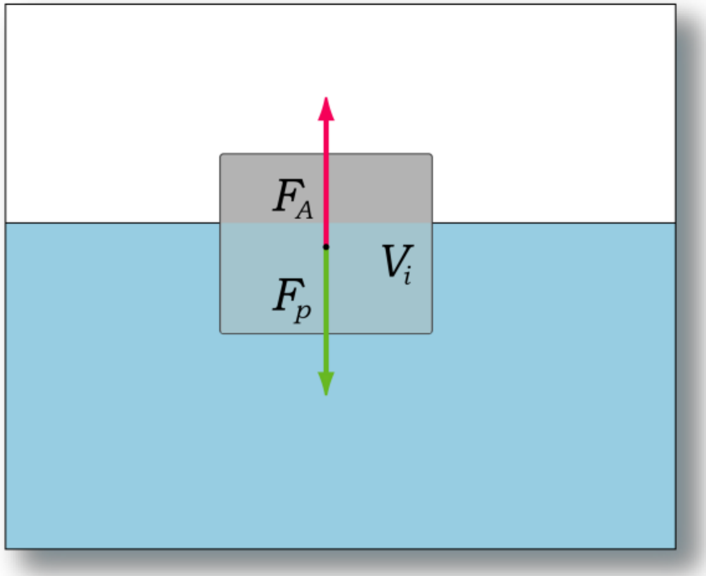
Un esempio particolare per una media:

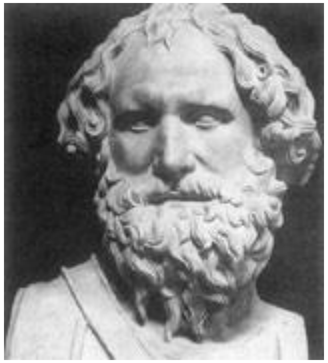
Distribuzione di punti di massa su una asse



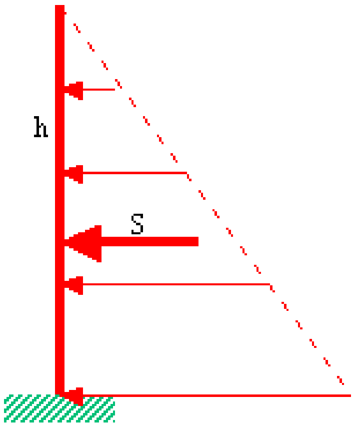
centro di massa: $$x_{cdm} = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

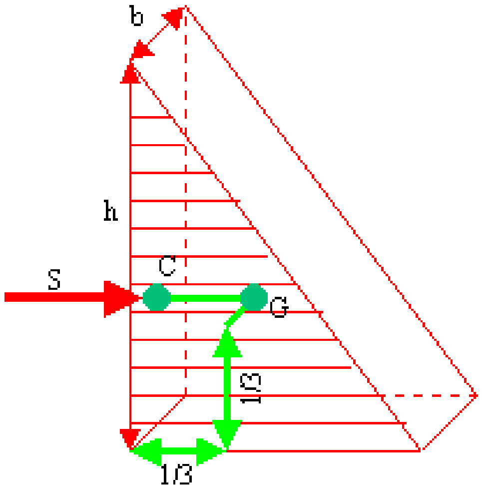
In generale: $$x_{cdm} = \frac{1}{M} \cdot \sum_{i=1}^{n} m_i \cdot x_i$$ con $$M = m_1 + m_2 + \ldots + m_n$$

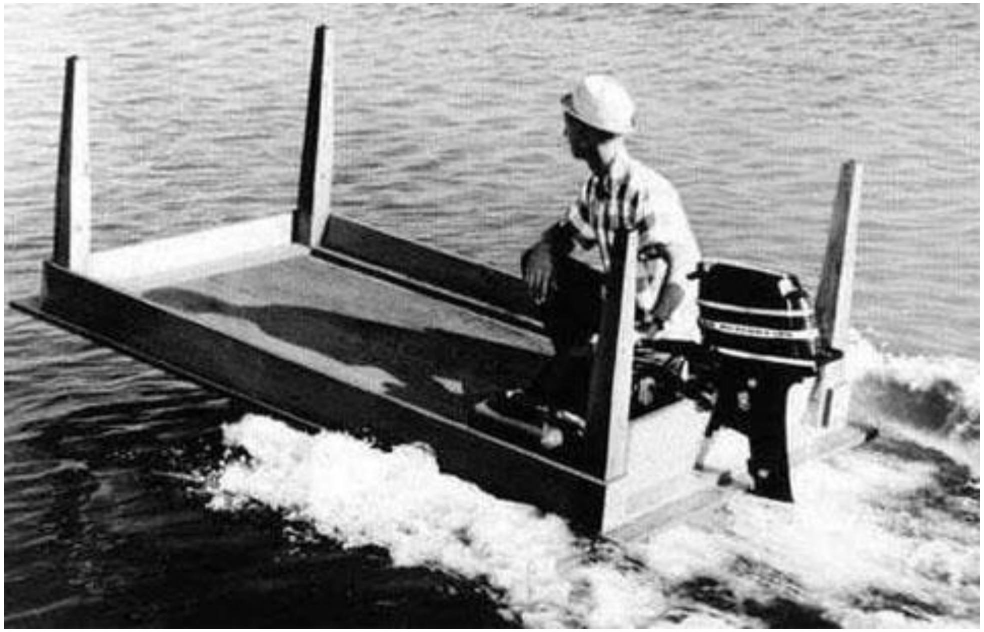




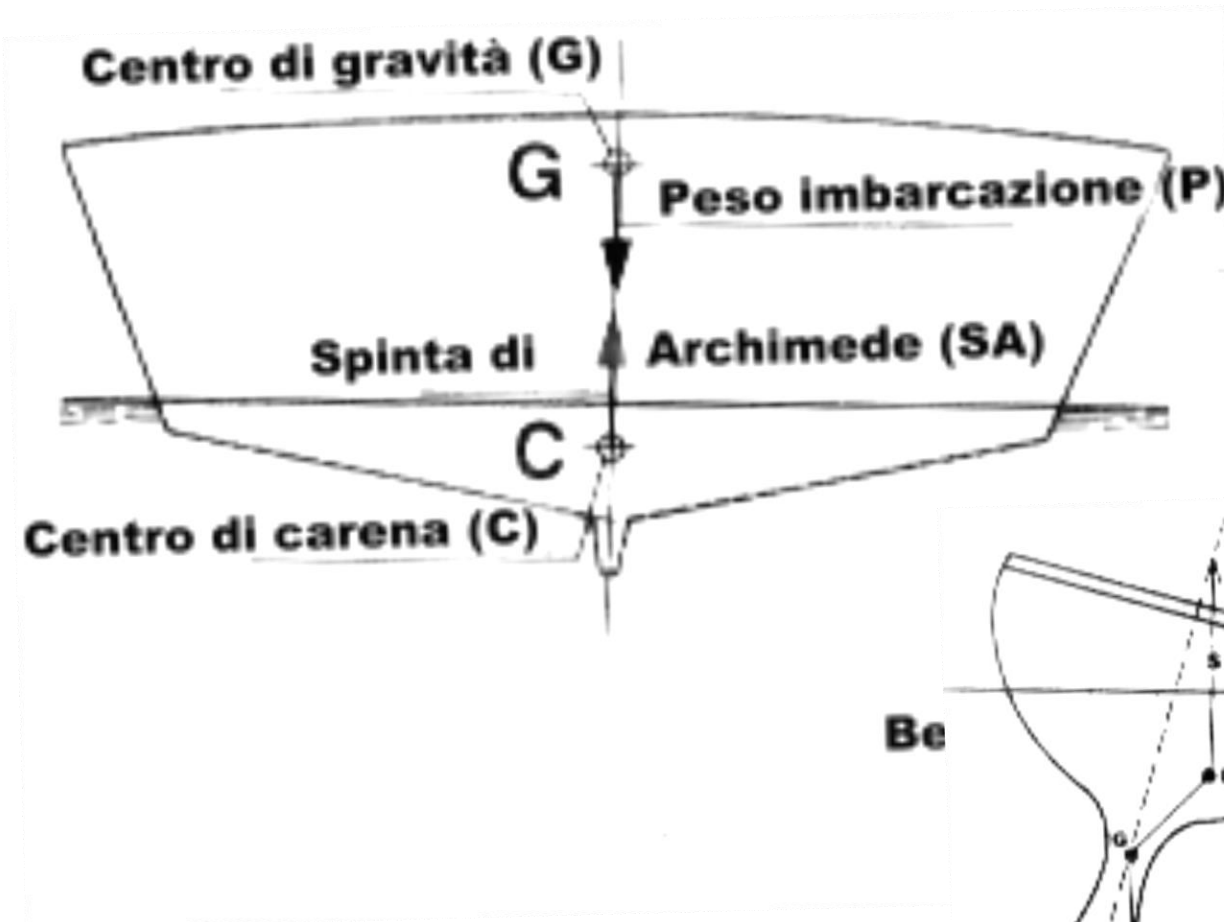
$$F_A = \rho_{flu}\ g\ V$$

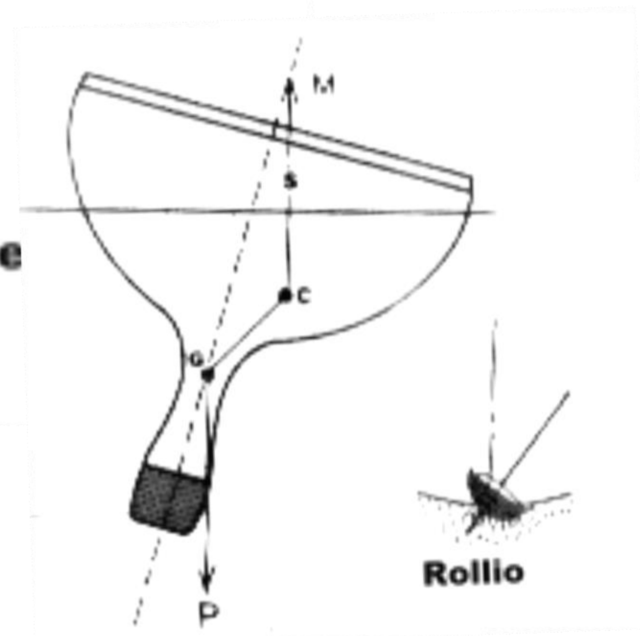


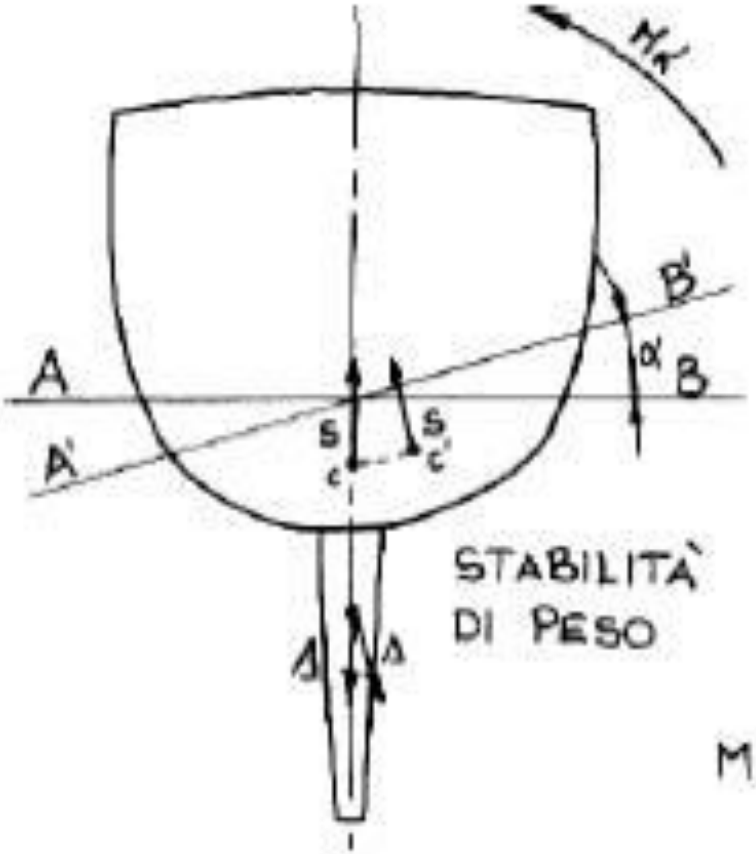




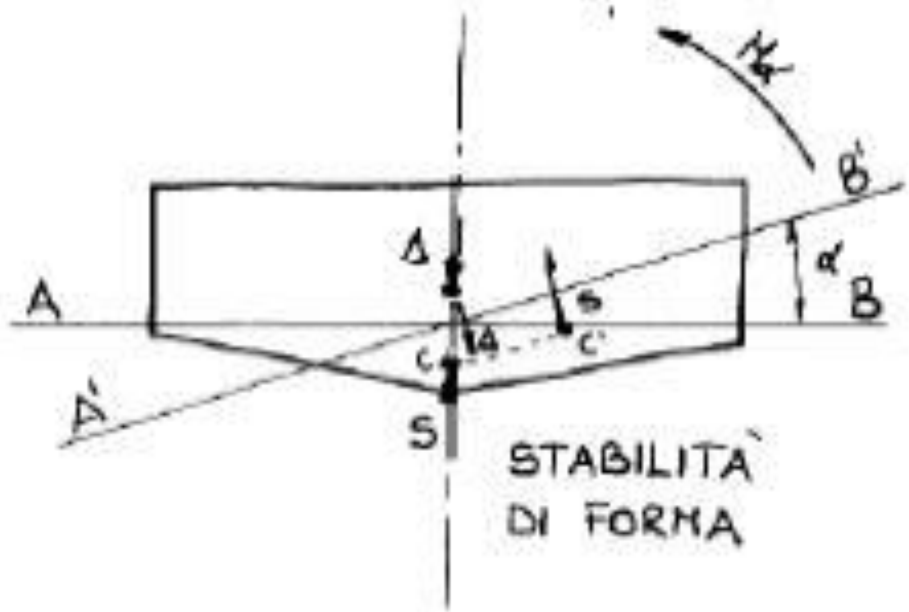

150
YAMAHA


Centro di gravità (G)
G
Peso imbarcazione (P)
Spinta di
Archimede (SA)
C
Centro di carena (C)
Be


M
S
C
G
P
Rollio

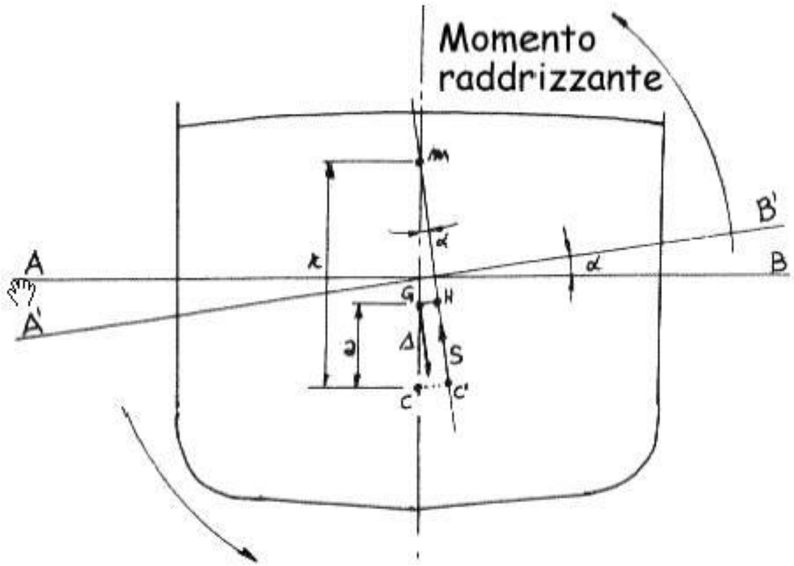


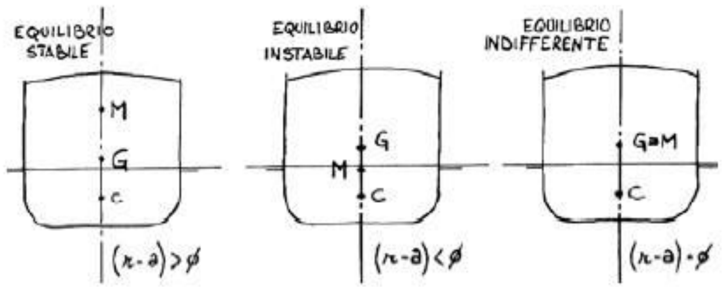
STABILITÀ DI PESO

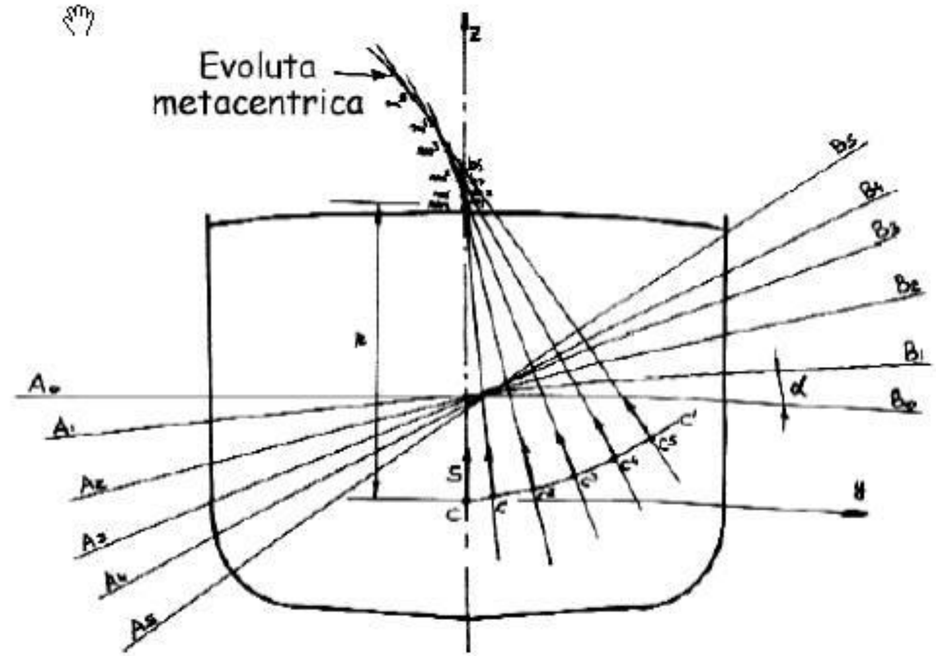


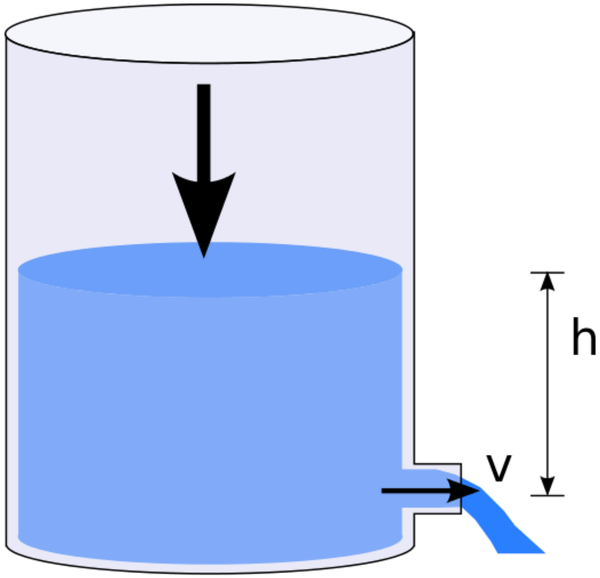
STABILITÀ DI FORMA

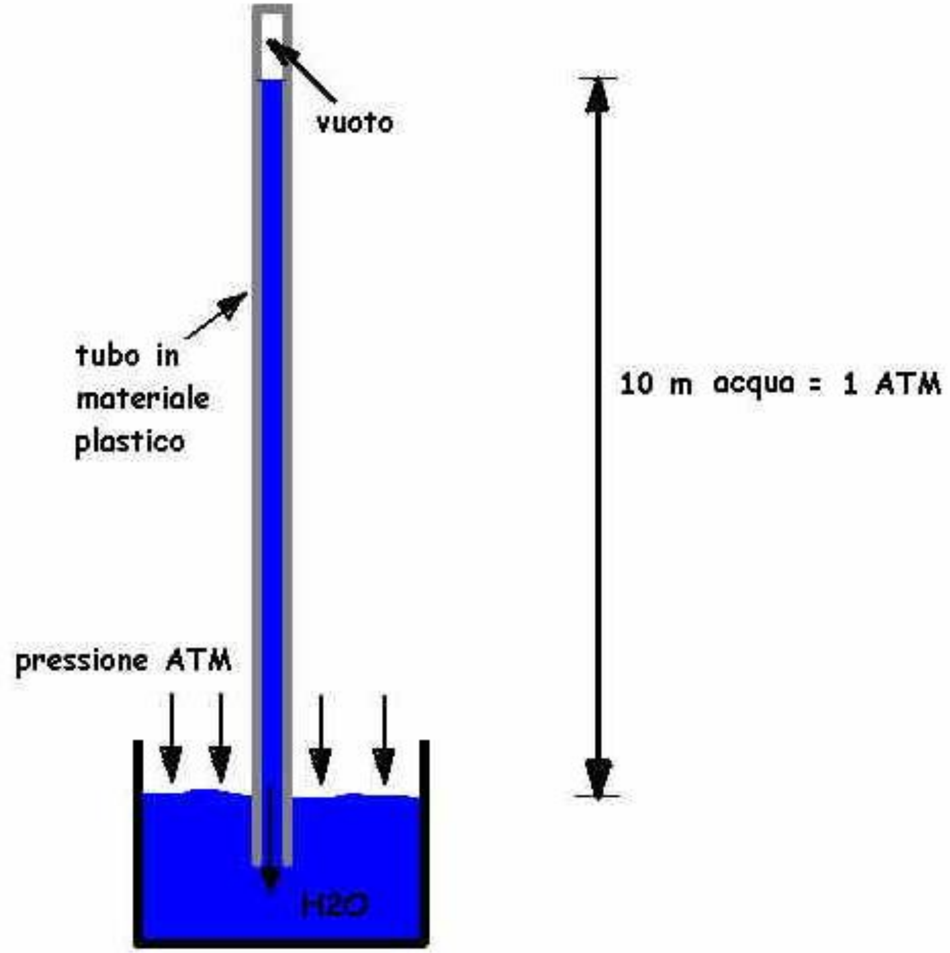
$M\alpha$ = MOMENTO RADDRIZZANTE DELL'ANGOLO α


Momento
raddrizzante
A
B
A'
B'
G
H
S
C
C'
α


EQUILIBRIO
STABILE
M
G
C
(r-a)>ø
EQUILIBRIO
INSTABILE
G
M
C
(r-a)<ø
EQUILIBRIO
INDIFFERENTE
G≡M
C
(r-a)=ø

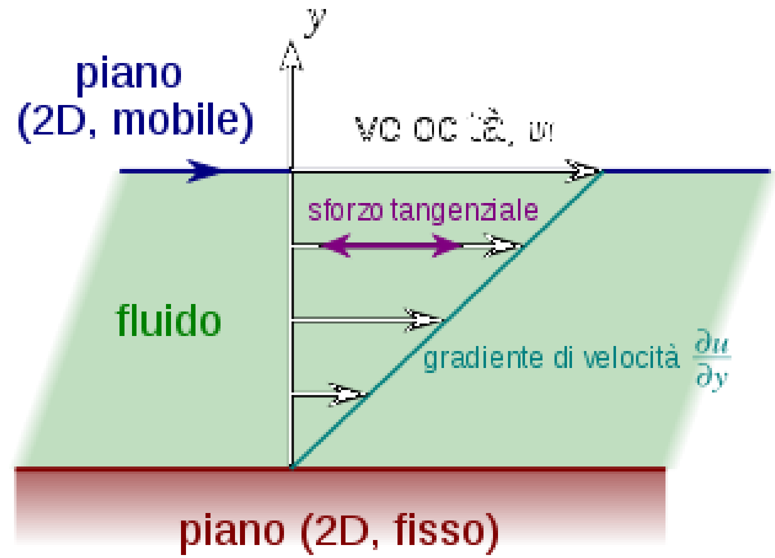

Evoluta
metacentrica
z
y
S
C
α


h
v


vuoto
tubo in
materiale
plastico
10 m acqua = 1 ATM
pressione ATM
H2O

Fluidi newtoniani

$$\tau = -\mu \frac{\partial u}{\partial y}$$



τ	tensione tangenziale	[N/m^2]
u	velocità	[m/s]
μ	viscosità dinamica	[Kg/m*s]

Se la viscosità dinamica non dipende dalla velocità, il fluido è di tipo newtoniano.

La viscosità per i fluidi newtoniani dipende solo da T e P

Se il fluido è un liquido, con buona approssimazione la viscosità dipende solo da T

Per l’acqua, in condizioni nomali (20°C, 1 atm):

μ = 10^{-3} Kg/m*s = 0,01 g/cm*s = 0,01 *Poise* = 1 *centiPoise*

Viscosità

Viscosità dell'acqua e dell'aria alla pressione di 1 atm

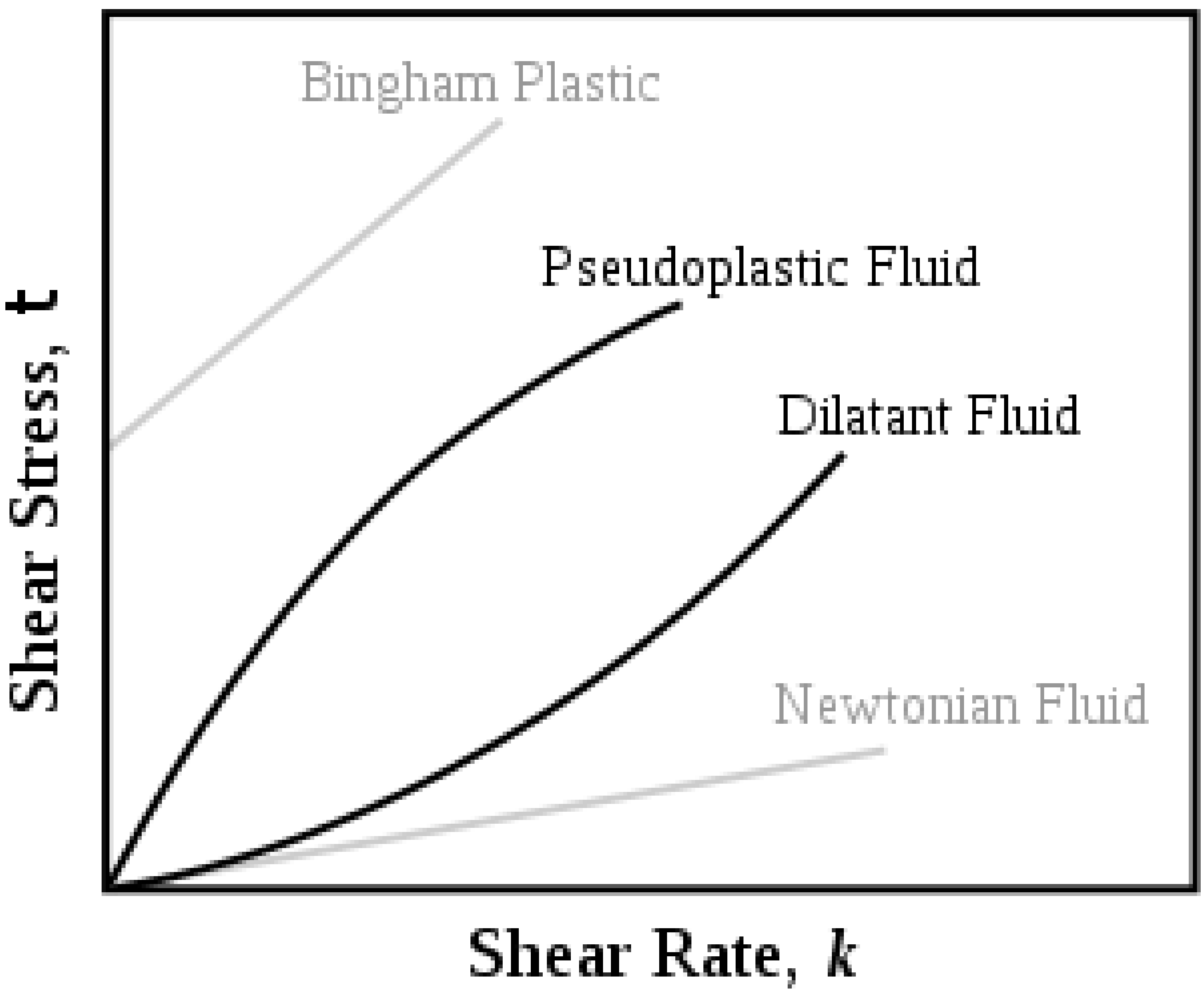
	Acqua liquida		Aria	
Temperatura T(°C)	Viscosità μ (cp)	Viscosità cinematica $\nu \cdot 10^2 (cm^2 sec^{-1})$	Viscosità μ (cp)	Viscosità cinematica $\nu \cdot 10^2 (cm^2 sec^{-1})$
0	1,7870	1,7870	0,01716	13,27
20	1,0019	1,0037	0,01813	15,05
40	0,6530	0,6581	0,01908	16,92
60	0,4665	0,4744	0,01999	18,86
80	0,3548	0,3651	0,02087	20,88
100	0,2821	0,2944	0,02173	22,98

μ viscosità [Kg/m*s]

$\nu = \mu/\rho$ viscosità cinematica [m^2/s]

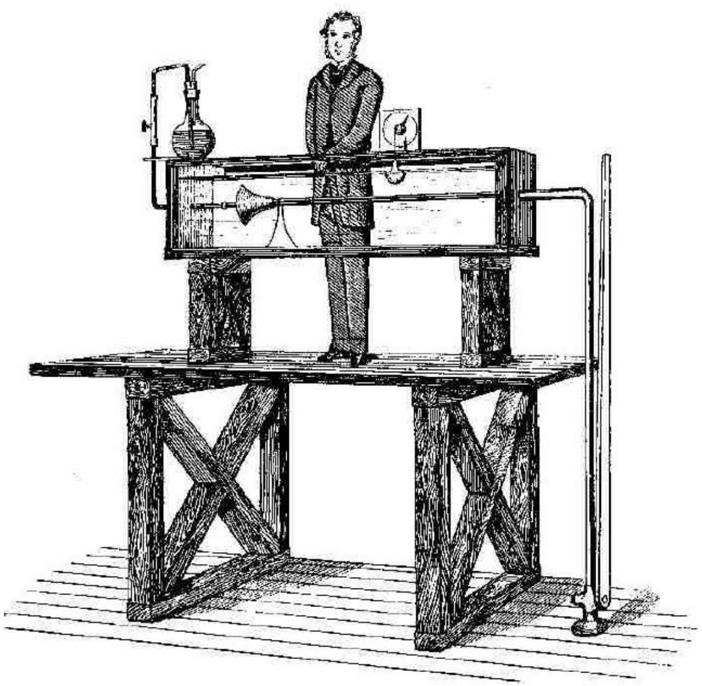
Viscosità di alcuni gas e liquidi a pressione atmosferica

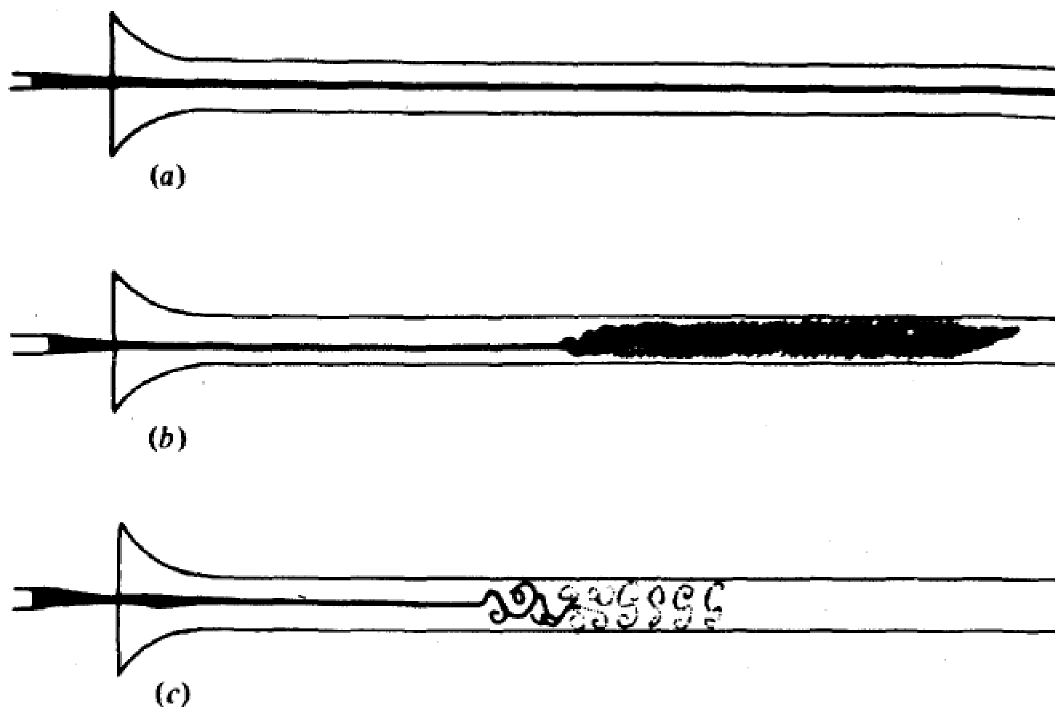
Sostanza Gas	Temperatura T(°C)	Viscosità μ (cp)	Sostanza Liquidi	Temperatura T(°C)	Viscosità μ (cp)
i-C_4H_{10}	23	0,0076	$(C_2H_5)_2O$	20	0,245
CH_4	20	0,0109	C_6H_6	20	0,647
H_2O	100	0,0127	Br_2	26	0,946
CO_2	20	0,0146	C_2H_5OH	20	1,194
N_2	20	0,0175	Hg	20	1,547
O_2	20	0,0203	H_2SO_4	25	19,150
Hg	380	0,0654	Glicerina	20	1069,000


Bingham Plastic
Pseudoplastic Fluid
Dilatant Fluid
Newtonian Fluid
Shear Stress, t
Shear Rate, k

Esperimento di Reynolds

Studio della stabilità del filetto fluido, al variare della velocità.
a) stabile (moto laminare)
b) transizione
c) instabile (moto turbolento)

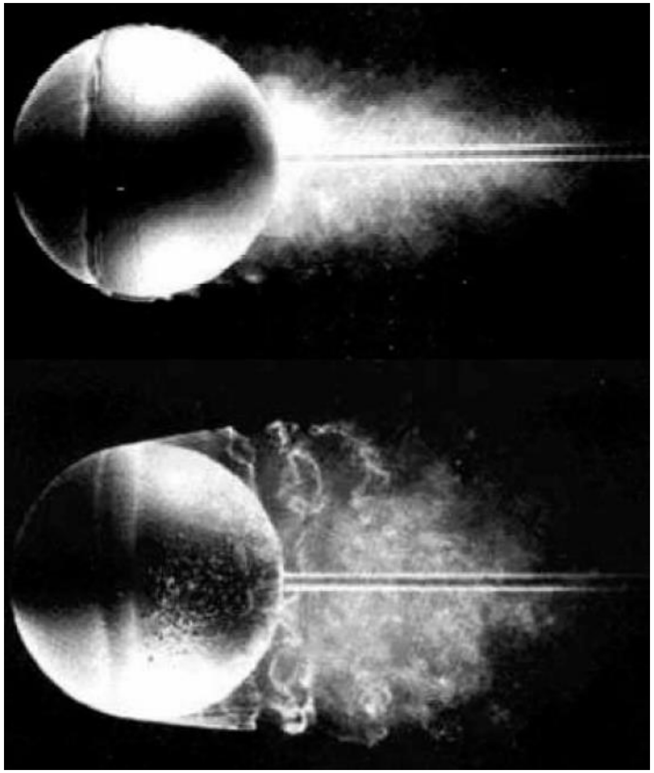




Numero di Reynolds (Re)

Il passaggio da moto laminare a turbolento è legato all'incidenza delle forze inerziali (f_i) rispetto a quelle viscose (f_v)

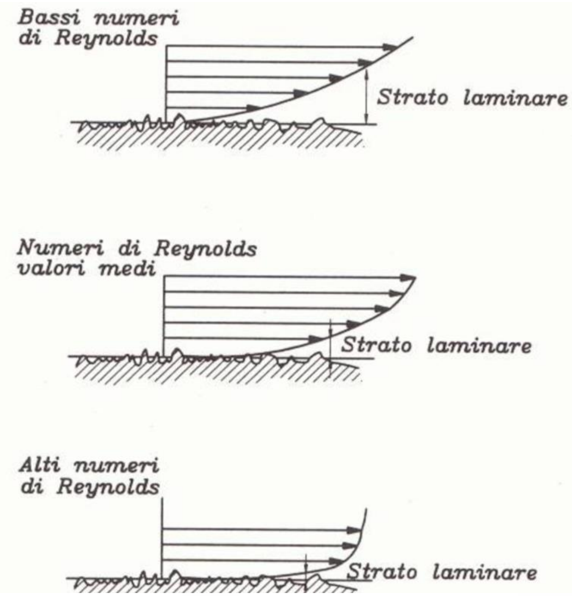
$$\frac{f_i}{f_v} \propto \frac{\rho \cdot u^2}{\mu \cdot \frac{u}{D}} = \frac{\rho \cdot u \cdot D}{\mu} = \mathrm{Re}$$

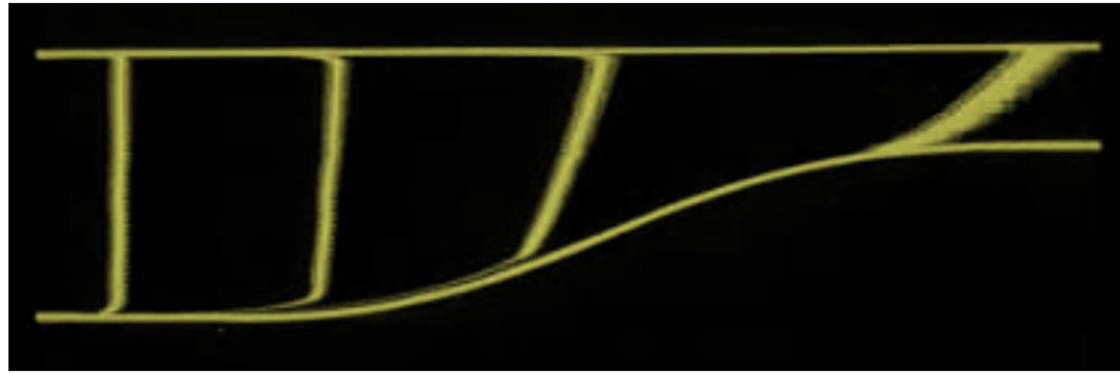


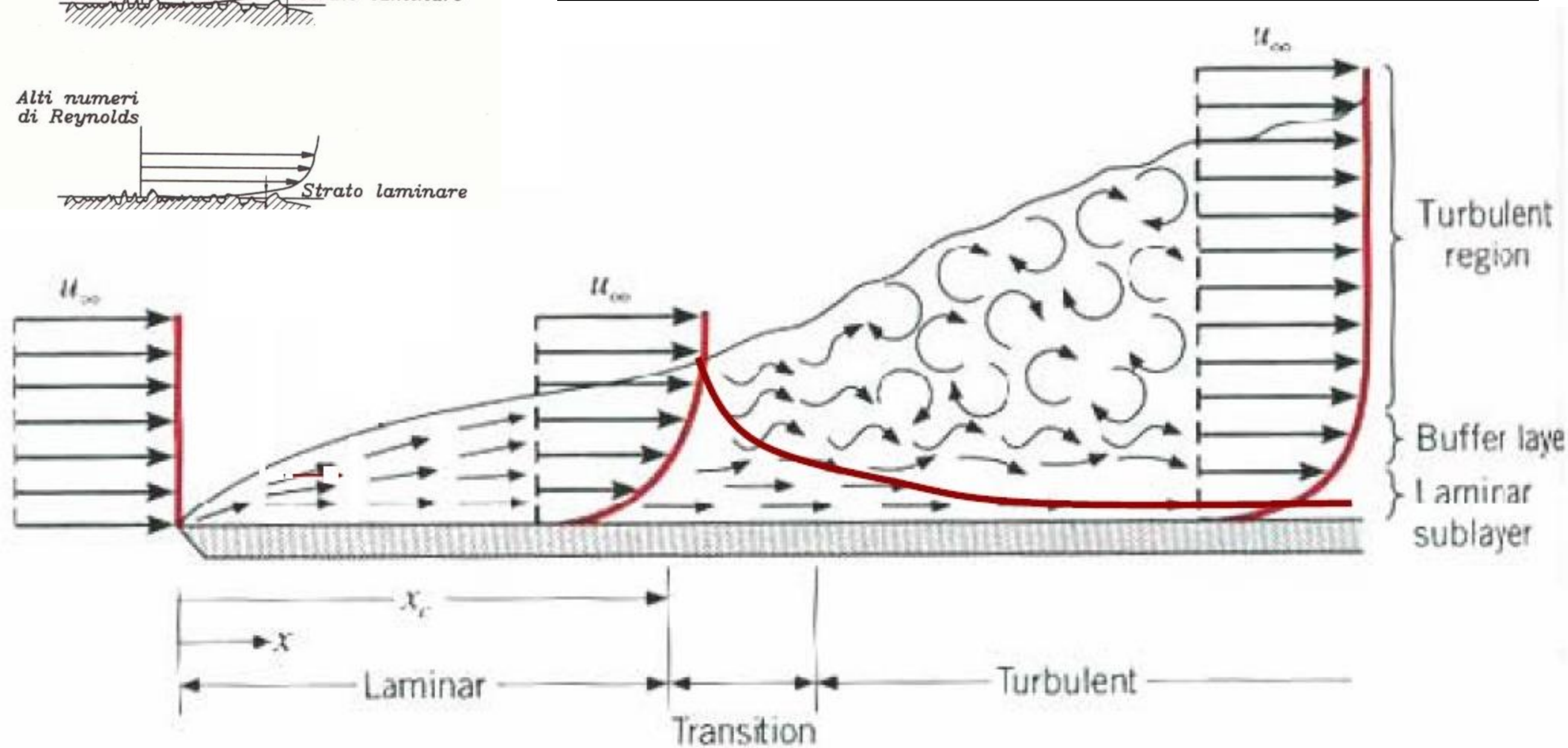
ρ	densità	[Kg/m^3]
D	diametro	[m]
u	velocità	[m/s]
μ	viscosità	[Kg/m*s]

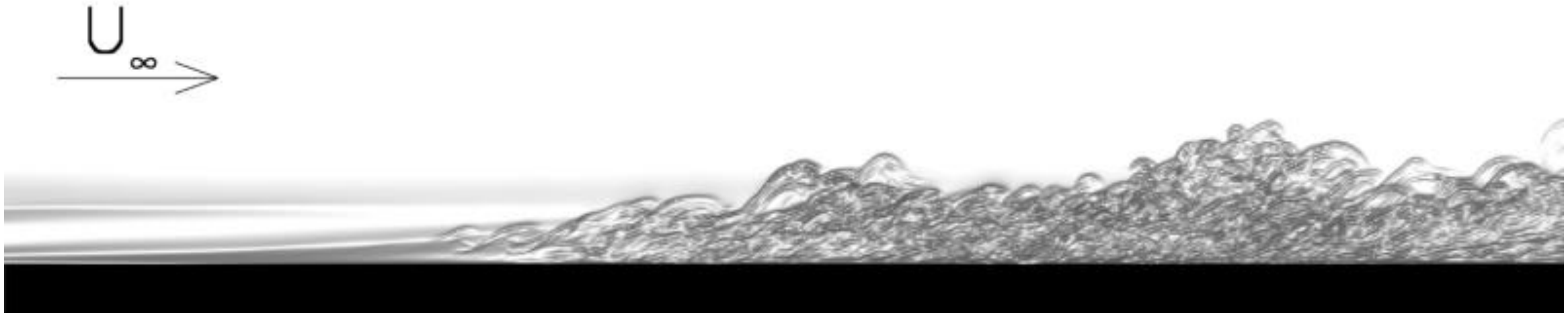
Ad uguale geometria (D) e fluido (ρ, μ):
- se u $\uparrow$, Re $\uparrow$ $\Rightarrow$ le forze d'inerzia prevalgono
- se u $\downarrow$, Re $\downarrow$ $\Rightarrow$ le forze viscose prevalgono

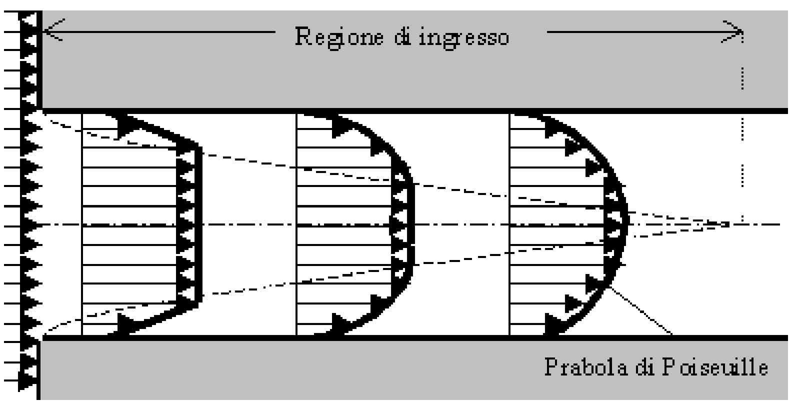
Strato limite

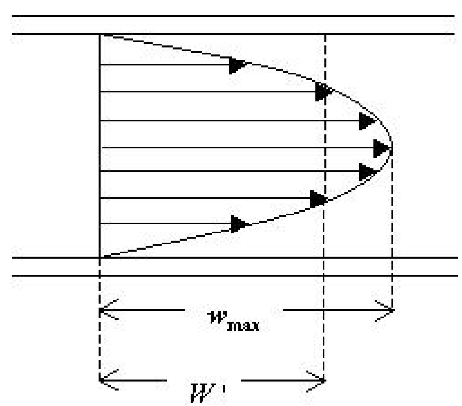


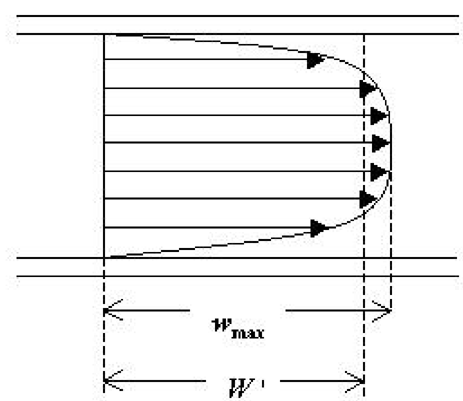


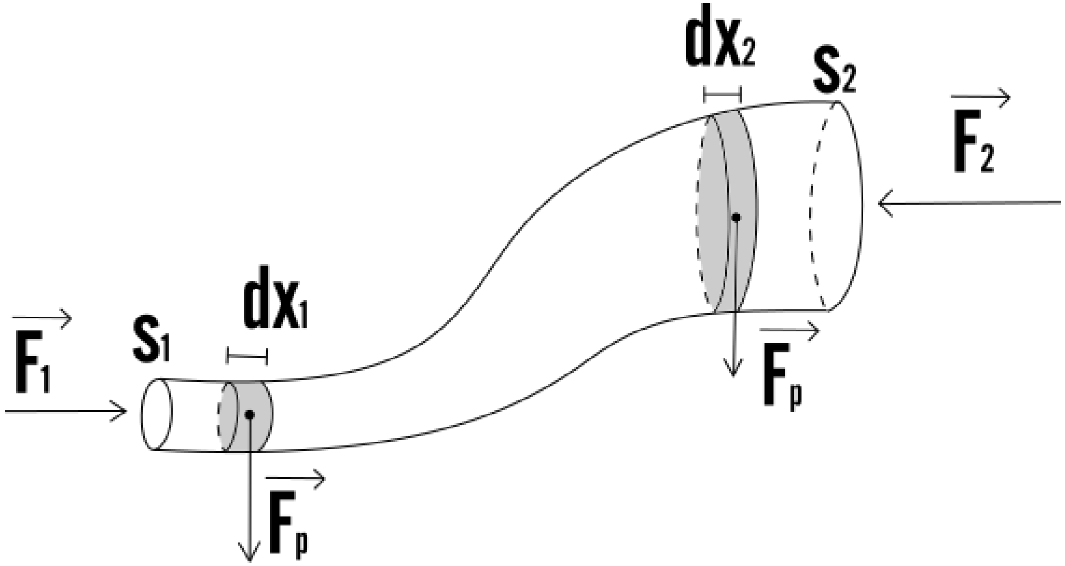


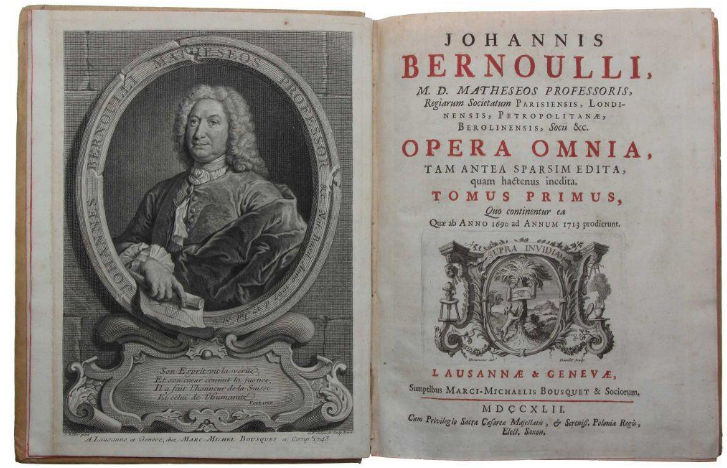

U∞


Regione di ingresso
Prabola di Poiseuille


w_{max}
W'


w_{max}
W'





In assenza di fenomeni dissipativi e nell'intervallo di tempo Δt

$$mgz_1 + \frac{1}{2}mu_1^2 + P_1 \cdot S_1 \cdot \Delta x_1 = mgz_2 + \frac{1}{2}mu_2^2 + P_2 \cdot S_2 \cdot \Delta x_2$$

$$z_1 + \frac{1}{2}\frac{u_1^2}{g} + \frac{P_1 \cdot S_1 \cdot \Delta x_1}{mg} = z_2 + \frac{1}{2}\frac{u_2^2}{g} + \frac{P_2 \cdot S_2 \cdot \Delta x_2}{mg}$$

$$z_1 + \frac{1}{2}\frac{u_1^2}{g} + \frac{P_1}{\rho g} = z_2 + \frac{1}{2}\frac{u_2^2}{g} + \frac{P_2}{\rho g}$$

$$z + \frac{1}{2}\frac{u^2}{g} + \frac{P}{\gamma} = \text{costante}$$

Dissipazioni

La viscosità determina trasformazioni energetiche, così come l’attrito per i corpi solidi.
Nella legge di Bernoulli deve quindi essere considerato un termine dissipativo:

$$\frac{1}{2}\frac{\left(u_1^2 - u_2^2\right)}{g} + \left(z_1 - z_2\right) + \frac{(P_1 - P_2)}{g \cdot \rho} = R$$

La valutazione di R è condotta per le dissipazioni distribuite e per quelle concentrate secondo le due seguenti espressioni (moto turbolento):

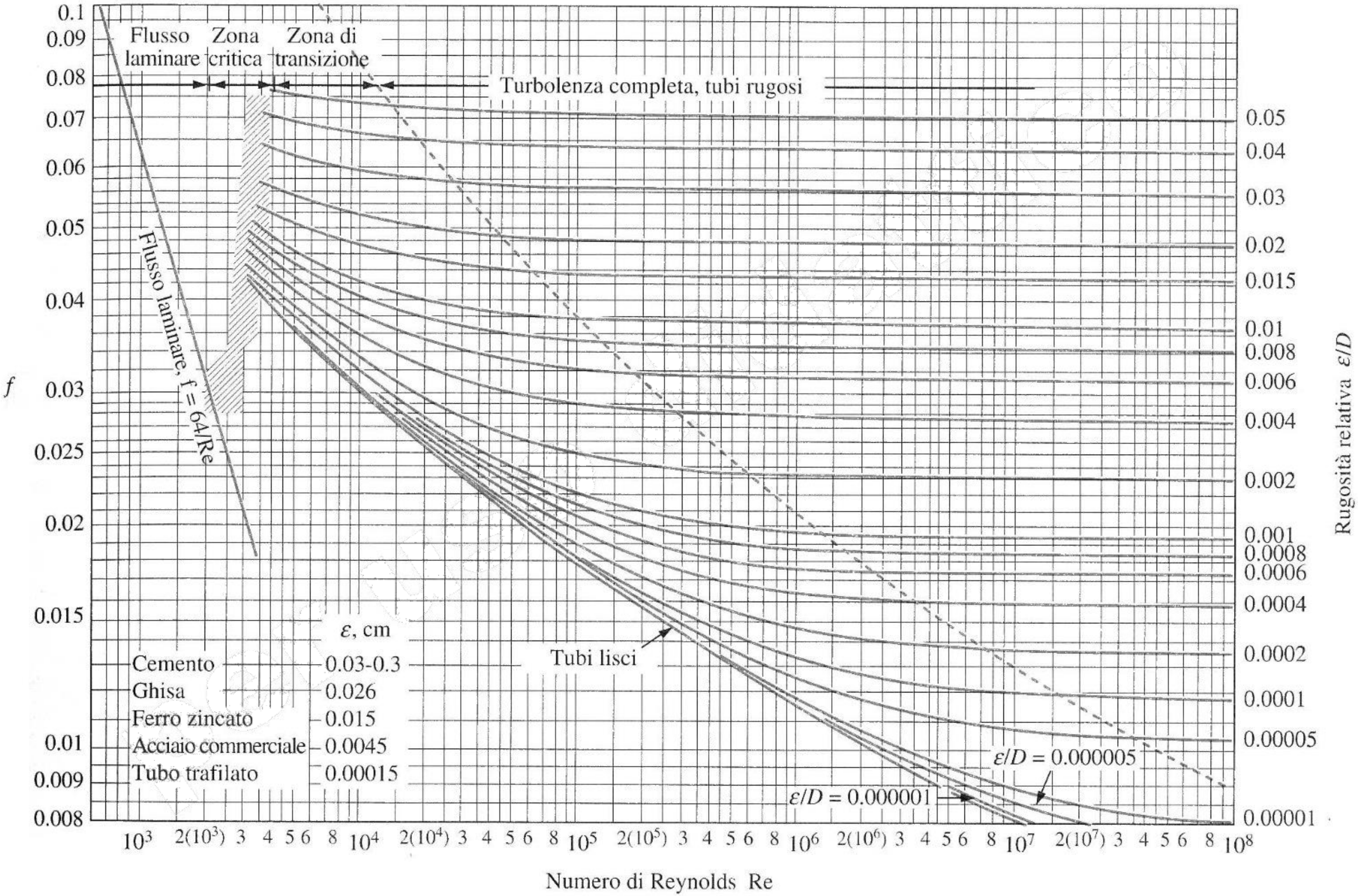
$$R_{distribuite} = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{u^2}{2g} \cdot L \qquad R_{concentrate} = \beta \cdot \frac{u^2}{2g}$$

dove:

λ coefficiente di perdite distribuite

μ coefficiente di perdite concentrate

Diagramma di Moody



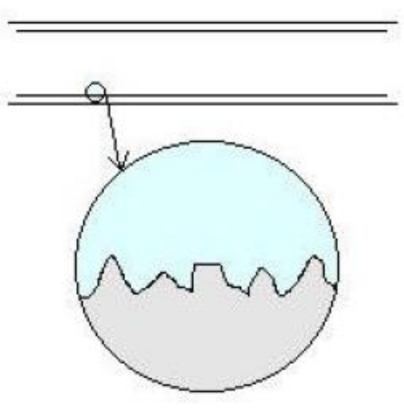
Perdite distribuite

$$\Delta H = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{u^2}{2g} \cdot L$$

Formula di Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2Log\left(\frac{2.51}{\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon / D}{3.71} \right)$$

λ	coeff. perdite distribuite
ε	scabrezza equivalente [mm]
D	diametro [mm]
Re	Numero di Reynolds



SCABREZZE EQUIVALENTI

0.00 - 0.02 tubi nuovi PE, PVC, Rame, Inox

0.05 - 0.15 tubi nuovi Gres, Ghisa rivestita, Acciaio

0.10 - 0.40 tubi in Cemento o con lievi incrostazioni

0.60 - 0.80 tubi con incrostazioni e depositi

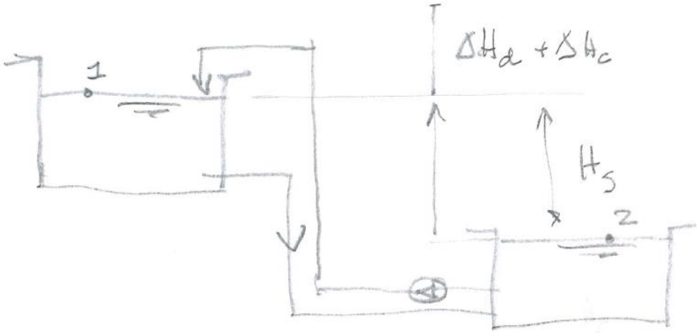
http://www.oppo.biz/calcoli/colebrook/colebrook.php

Perdite concentrate

$$\Delta H = \beta \cdot \frac{u^2}{2g}$$

Valori del coefficiente β per le accidentalità più frequenti

Accidentalità	β
- sezione di ingresso da serbatoio a condotta:	
•a spigolo vivo ($D_2 << D_1$)	0,50
•a spigolo arrotondato ($D_2 << D_1$)	0,25
- sezione di arrivo di un condotto nel serbatoio	1
- brusco allargamento di sezione ($D_2 > D_1$)	$\frac{w^2}{2}\left(1-\frac{D_1^2}{D_2^2}\right)^2$
- brusco restringimento di sezione ($D_2 < D_1$)	$\frac{1}{2}\frac{w^2}{2}\left(1-\frac{D_2^2}{D_1^2}\right)$
- curva a 90°	1,50
- curva a 45°	0,40
- curva a 30°	0,20
valvola	
•completamente aperta	0,12
•aperta per metà	2,00
•aperta per 1/4	15,00



diretto

$$H_1 = H_2 + \Delta H_d + \Delta H_c \Rightarrow H_S = \Delta H_d + \Delta H_c$$

inverso

$$H_2 + H_p = H_1 + \Delta H_d + \Delta H_c$$

$$\Rightarrow H_p = H_S + \Delta H_d + \Delta H_c$$

Le turbine sono come le pompe, ma "al contrario".
Attraverso il salto di pressione che determinano, producono energia

$$\text{Power} = \eta_T \cdot \gamma Q H_T$$

Pompa

$v_1 = v_2$

$z_1 = z_2$

$P_1 < P_2$

Bernoulli:

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho g} = H_p$$

$$\text{Power} = \frac{L}{\Delta t} = F \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} = F \cdot v = P \cdot S \cdot v$$

$$\text{Potenza idraulica} = \rho g H_p \cdot Q$$

$$\text{Potenza elettrica} = \frac{\gamma Q H_p}{\eta_p}$$

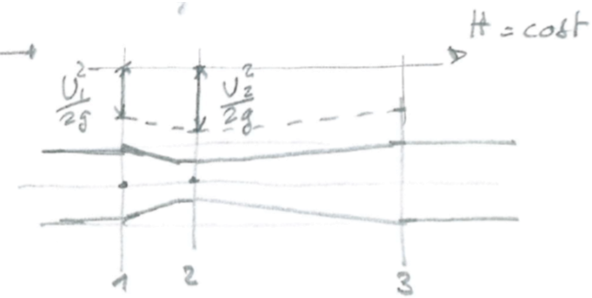
VENTURIMETRO

$$\boxed{\text{Venturimetro}}$$

$$H_1 = H_2 = H_3$$

$$\cancel{z_1} + \frac{U_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = \cancel{z_2} + \frac{U_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma}$$

$$\frac{Q^2}{2g\Omega_1^2} + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{Q^2}{2g\Omega_2^2} + \frac{p_2}{\gamma}$$



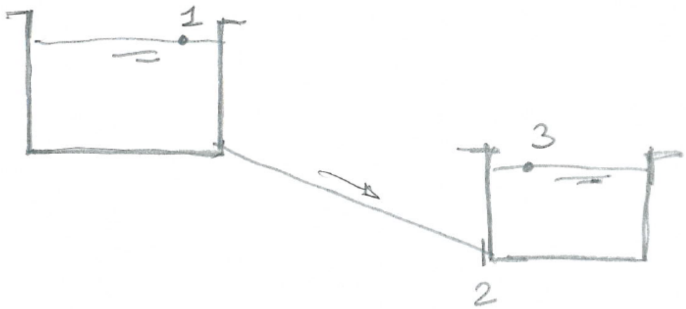
$$Q = \Omega_1 U_1 = \Omega_2 U_2$$

$$\Rightarrow U_1 = \frac{\Omega_2}{\Omega_1} U_2$$

$$\frac{1}{2g} \cdot \frac{\Omega_2^2}{\Omega_1^2} u_2^2 - \frac{u_2^2}{2g} = \frac{p_2 - p_1}{\gamma}$$

$$\frac{u_2^2}{2g} \cdot \left(1 - \frac{\Omega_2^2}{\Omega_1^2}\right) = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

$$u = \sqrt{2g\frac{\Delta p}{\gamma} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\Omega_2^2}{\Omega_1^2}}} = \sqrt{2g \cdot \frac{\Delta p}{\gamma} \cdot \frac{\Omega_1^2}{\Omega_1^2 - \Omega_2^2}}$$



Perdita di carico allo sbocco

$$H_1 = H_2 + \frac{\lambda}{D}\frac{U^2}{2g}\cdot L + \sum_i \beta_i \frac{U_i^2}{2g}$$

$$H_1 = z_1$$

$$H_2 = z_2 + \frac{U^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma}$$

$$H_3 = z_3$$

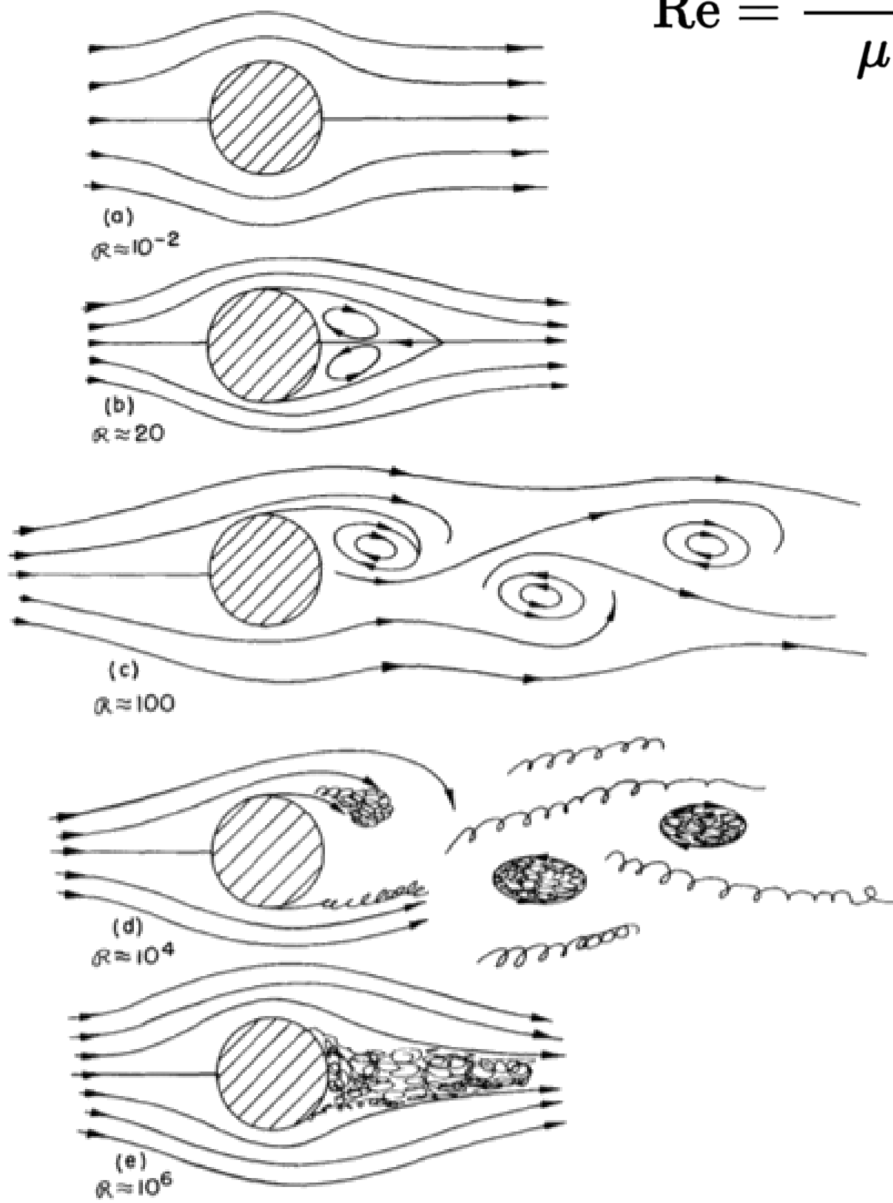
$$\rightarrow H_2 = H_3 + \beta\frac{U^2}{2g}$$

$$z_2 + \frac{U^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} = z_3 + \beta\frac{U^2}{2g}$$

$$\underbrace{z_2 - z_3}_{\cancel{-h}} + \underbrace{\frac{p_2}{\gamma}}_{\cancel{+h}} + \frac{U^2}{2g} = \beta\frac{U^2}{2g}$$

$$\boxed{\beta = 1}$$

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho \langle v \rangle d}{\mu} = \frac{\langle v \rangle d}{\mathcal{D}_V}$$



$$F_v = -bv$$

$$b = 6\pi\eta r$$

$$F_v = -kv^2$$

$$k = \frac{1}{2} D\rho A$$

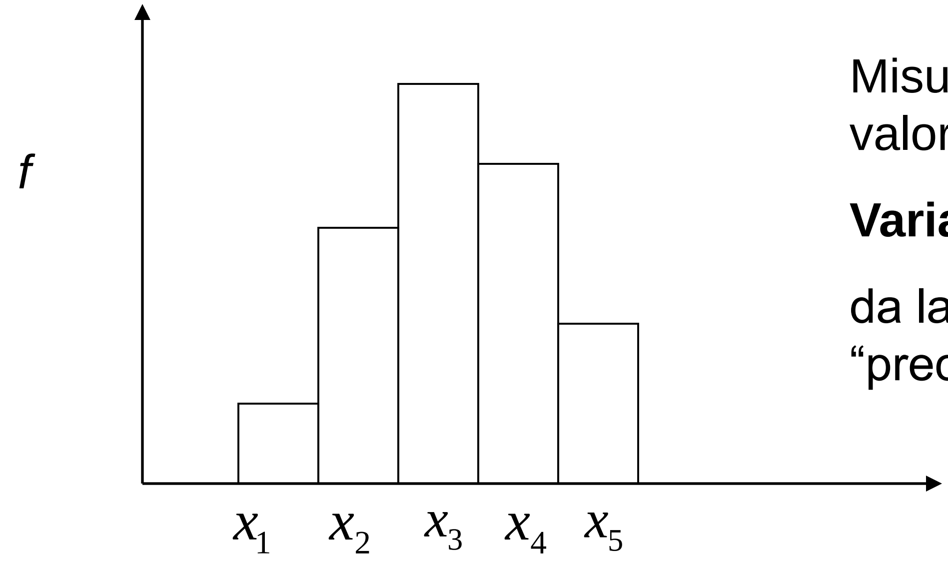
Calcolo di errore

La variabile x possa assumere un numero n di valori $x_1, x_2, ... x_n$

con frequenza $f_1, f_2, ... f_n$

Media degli $x = \bar{x} = \dfrac{x_1 \cdot f_1 + x_2 \cdot f_2 + ... + x_n \cdot f_n}{f_1 + f_2 + ... + f_n}$

Con numero totale di misure $N = f_1 + f_2 + ... + f_n$



Misura della deviazione dal valore medio:

Varianza

da la “incertezza” o l’ “errore” o la “precisione” della misura

Varianza di x = $$\mathrm{var}(x) = \frac{(x_1 - \overline{x})^2 \cdot f_1 + (x_2 - \overline{x})^2 \cdot f_2 + ... + (x_n - \overline{x})^2 \cdot f_n}{f_1 + f_2 + ... + f_n}$$

Deviazione standard di x = σ = $\sqrt{\mathrm{var}(x)}$

La deviazione standard si riferisce a una certa misura, che viene ripetuta N volte per determinare un valore fisico.

Spesso il risultato di un esperimento non si ottiene da una sola misura, ma da alcune misure diverse, di cui ognuna ha una sua deviazione standard. Per ottenere il risultato complessivo di queste misure, si deve eseguire una propagazione degli errori.

Una teoria completa della propagazione degli errori si deriva dalla matematica differenziale.

Per noi e per tante applicazione pratiche bastano alcuni casi semplificati:

Incertezza su una somma di misure

Abbiamo misurato : $a = \overline{a} \pm \Delta a$ $\qquad b = \overline{b} \pm \Delta b$

Vogliamo sapere valore e incertezza di $c = a + b$

$$\overline{c} = \overline{a} + \overline{b} \qquad \Delta c = \Delta a + \Delta b$$

L'incertezza di una somma di grandezze e' pari alla somma delle incertezze

Esempio: La testa cilindrica di una vite e risultata alta a=(1.85±0.01)mm. La vite viene fissata su una lamiera piana, interponendo una rondella spessa b=(0.95±0.05)mm. Di quanto sporgerà la testa della vite?

a+b=(1.85+0.95)mm = 2.80 mm

Δ(a+b)=Δa+Δb=(0.01+0.05)mm = 0.06 mm

risulatato: c=(2.80±0.06) mm

Incertezza su una differenza di misure

Come sopra: $a = \overline{a} \pm \Delta a$ $b = \overline{b} \pm \Delta b$

sia $c = a - b$

$$\overline{c} = \overline{a} - \overline{b}$$

$\Delta c = \Delta a + \Delta b$ <= non cambia!

Anche l'incertezza di una differenza di grandezze è pari alla somma delle incertezze

Esempio:Si vuol trovare la quantità netta di birra contenuat in una lattina. La lattina piena è risultata di massa a=(350±2)g e, quandoi è stata pesata vuota, ha dato il valore b=(15±1) g.

Δ(a-b)=Δa+Δb=(2+1)g=3g

Risultato: c=(335±3)g

Incertezza su un prodotto di misure

sia $c = a \cdot b$ $\quad$ $\bar{c} = \bar{a} \cdot \bar{b}, \quad \frac{\Delta c}{\bar{c}} = \frac{\Delta a}{\bar{a}} + \frac{\Delta b}{\bar{b}}$

L'incertezza relativa di un prodotto è pari alla somma delle incertezze relative

Incertezza su un quoziente di misure

$$c = \frac{a}{b} \Rightarrow \qquad \bar{c} = \frac{\bar{a}}{\bar{b}} \qquad \frac{\Delta c}{\bar{c}} = \frac{\Delta a}{\bar{a}} + \frac{\Delta b}{\bar{b}}$$

L'incertezza relativa del quoziente e' pari alla somma delle incertezze relative