



## LEZIONE # 2

Dal 1978 è in vigore in Italia il **Sistema Internazionale delle unità di misura** (acronimo **SI**), redatto nel 1976 dalla "XI Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure".

Le unità fondamentali ed i relativi simboli sono riportati nella Tabella seguente:

Grandezza	Unità SI	
	Nome	Simbolo
[L] Lunghezza	metro	m
[M] Massa	kilogrammo	kg
[t] Tempo	secondo	s
[I] Intensità di corrente elettrica	ampère	A
[T] Temperatura termodinamica	kelvin	K
[m] Quantità di sostanza	mole	mol
[Lc] Intensità luminosa	candela	cd

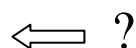
Le definizioni delle unità fondamentali del SI sono state leggermente modificate da quelle stabilite nel 1976 ed oggi sono in vigore quelle aggiornate nel 1983 dalla "XVII Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure" e riportate nella norma CNR-UNI 10003, conforme alla norma ISO 1000-81 e alla direttiva CEE 80/181.

I campioni primari sono detenuti nel **Laboratorio Internazionale di Metrologia** (B.I.P.M.) a Sevres in Francia, mentre in Italia i campioni secondari sono detenuti e disseminati dall'Istituto di Metrologia "G. Colonetti" (I.M.G.C.) e l'Istituto Elettrotecnico Nazionale "Galileo Ferrarsi" (I.E.N.), oggi confluiti nell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (I.N.R.I.M.). L'Ente Nazionale Energie Alternative (E.N.E.A.) detiene i campioni nucleari.

Naturalmente, l'utilizzo di altri sistemi di unità di misura, per quanto non più ammessi ufficialmente, nelle applicazioni quotidiane non è stato ancora del tutto abbandonato. E' quindi ancora utile studiare in che rapporto si pone il SI con un sistema di unità particolarmente utilizzato dagli ingegneri che, per questo motivo, viene definito il **Sistema Pratico o Tecnico** (acronimo **ST**)

Partiamo dall'analisi delle unità fondamentali (limitatamente al campo della meccanica):

S.I.	S.T.
[ L ] → m	[ L ] → m
[ t ] → s	[ t ] → s
[ M ] → kg	[ F ] → kg



nei due sistemi di unità, grandezze fisiche diverse (una *massa* nel SI ed una *forza* nel ST) hanno il medesimo nome !



La confusione può essere dipanata riflettendo un attimo sulla definizione estesa di forza nel sistema pratico: **nel Sistema Pratico, l'unità di forza è la forza peso della massa che nel SI corrisponde ad 1 kg.** In altre parole, considerando una massa corrispondente all'unità di massa del Sistema Internazionale, la forza di attrazione che la terra esercita su tale massa rappresenta l'unità di forza del Sistema Pratico. L'equivalenza può anche essere rappresentata con lo schema della figura sotto dove un tavolino sorregge una massa campione di **1 kg<sub>m</sub>** (espressa nel SI), quindi sopporta una forza peso di **1 kg<sub>f</sub>** (espressa nel ST).

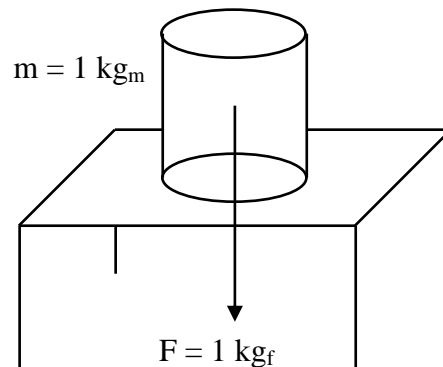


Figura 3.1

Non è superfluo ribadire ancora una volta che le due grandezze portano lo *stesso nome* ma sono due *grandezze diverse*, espresse in due *sistemi di riferimento diversi*. Se volessimo misurare nel SI la forza peso di 1 kg<sub>m</sub>, dovremmo utilizzare coerentemente le unità del SI e otterremo come risultato:

$$U_{F(ST)} = 1kg_f \equiv 1kg_m \times 9.81m/s^2 = 9.81N \quad \text{infatti, nel SI le forze si misurano in Newton !}$$

ma questo risultato vuole anche dire che la forza di 1 kg<sub>f</sub> (misurata nel ST) corrisponde quantitativamente alla forza di 9.81 N (misurata nel SI) quindi, l'unità di forza del Sistema Tecnico è circa 10 volte più grande dell'unità di forza del Sistema Internazionale.

Se la terza unità fondamentale del ST è la forza, espressa in kilogrammi (kg<sub>f</sub>), ci chiediamo ora come si esprime la massa nello stesso ST ?

Per esprimere l'unità di massa nel sistema tecnico, non è certamente possibile usare il nome "kilogrammo". A testimonianza della scarsa importanza con la quale storicamente gli ingegneri consideravano la massa per le costruzioni, nel ST la massa, non solo è una *grandezza derivata*, non ha neppure un nome proprio. Essa viene indicata semplicemente come **unità di massa pratica**.

Nel Sistema Tecnico quindi:  $[M] = [F][L^{-1}][t^2]$  ed è una grandezza derivata !

$$U_{M(ST)} = 1m_p = \frac{1kg_f}{1ms^{-2}} \quad \text{ma} \quad 1kg_f \equiv 1kg_m \times 9.81ms^{-2} \quad \text{quindi} \quad 1m_p \equiv \frac{1kg_m \times 9.81ms^{-2}}{1ms^{-2}} = 9.81kg_m$$

anche l'unità di massa pratica è circa 10 volte più grande dell'unità di massa del SI.



esempio: vogliamo determinare il peso specifico dell'aria in condizioni standard  
 conviene fare riferimento alle grandezze misurate nel Sistema Pratico !

$$[\gamma] = \left[ \frac{F_p}{V} \right] \Rightarrow \frac{kg_f}{m^3}$$

$pV = RT \rightarrow$  legge dei gas perfetti

$$[p] \Rightarrow \frac{kg_f}{m^2} \quad p = 1 \text{Atm} = 10333 \frac{kg_f}{m^2} \cong 1 \frac{kg_f}{cm^2}$$

$$[T] \Rightarrow K \quad T = 25^\circ C = 298 K$$

$$[V] \Rightarrow m^3 \quad R = 29.27 \frac{kg_f m}{K}$$

se ora si considera una quantità d'aria (incognita) che pesa  $1kg_f$  si può scrivere:

$$\gamma = \frac{1kg_f}{V} = 1kg_f \cdot \frac{p}{RT} = \frac{1kg_f \times 10333 kg_f m^{-2}}{29.27 kg_f m K^{-1} \times 298 K} = 1.19 \frac{kg_f}{m^3}$$

Se volessimo riguardare tale risultato all'interno del Sistema Internazionale potremmo dire che nel volume di  $1 m^3$  c'è la massa di  $1.19 kg_m$  di aria. Tale massa d'aria, nel SI pesa  $1.19 kg_m \times 9.81 m/s^2 = 11.67 N$ . Rimane ora da capire quanto vale la massa volumica o densità nel Sistema Tecnico. Per fare quest'ultimo calcolo e riassumere quanto già trovato, consideriamo la tabella seguente:

	<b>S.I.</b>	<b>S.T.</b>
$\rho = \frac{M}{V}$	$1.19 \frac{kg_m}{m^3}$	$0.121 \frac{kg_f s^2}{m^4}$
$\gamma = \frac{F_p}{V}$	$11.67 \frac{N}{m^3}$	$1.19 \frac{kg_f}{m^3}$

- una volta calcolata la  $\gamma$  nel ST il passaggio alla  $\rho$  nel SI è immediato
- la  $\gamma$  nel SI internazionale si ottiene calcolando il peso (in Newton) della massa d'aria contenuta in un volume di  $1m^3$
- la  $\rho$  nel ST si ottiene trasformando la massa espressa in  $kg_m$  in unità di massa pratica  $m_p$ ; da questo passaggio risulta per la  $\rho$  nel ST una unità di misura apparentemente complicata.

E opportuno notare che, quando si ha a che fare con trasformazioni di unità di misura dal Sistema Internazionale al Sistema Tecnico e viceversa, non è possibile procedere in modo diretto attraverso i fattori di ragguglio. Questa complicazione formale si presenta ogni volta che nel cambio di unità di misura sono coinvolte grandezze definite in modo puramente convenzionale.



Infatti:  $m' = m \cdot \tau$  con  $\tau = \frac{U}{U'}$  se  $m_{ST} = m_{SI} \cdot \tau$  si avrebbe  $\tau = \frac{U_{M(SI)}}{U_{M(ST)}}$

$$\text{ovvero } \tau = \frac{kg_m}{m_p} = \frac{kg_m}{kg_f s^2 m^{-1}} \rightarrow \frac{kg_m ms^{-2}}{kg_f} = \frac{N}{kg_f}$$

si deve in ogni caso conoscere a priori la relazione convenzionale che esiste tra le unità di massa e le unità di forza nei due sistemi Internazionale e Pratico:

$$\tau = \frac{1kg_m}{9.81kg_m} = \frac{1N}{9.81N} = 0.102$$

esempio:  $3kg_m = (?)m_p$   $m_{ST} = m_{SI} \cdot \tau \rightarrow 3 \times 0.102 m_p = 0.306 \frac{kg_f s^2}{m}$