Lezione 1 — Unità di misura e dimensioni

Dimensioni e UdM · Conversioni · Sistemi di unità · Forza

Obiettivi della lezione

1. Unità e dimensioni
2. Conversione delle unità di misura (UdM)
3. Sistemi di UdM — la forza
4. Cifre significative e precisione
5. Validazione dei risultati e stima dell’ordine di grandezza
6. Come dare un risultato (deviazione standard, ecc.)
7. Analisi ed equazioni dimensionali

1) Valore, unità di misura e dimensione

Ogni grandezza misurata ha un VALORE e un'UNITÀ DI MISURA

2 m **5.3 s** **4.27 kg**

Attenzione: una grandezza ha una DIMENSIONE e una UdM. La **dimensione** è una proprietà che:

può essere misurata direttamente

Lunghezza (L)
Massa (M)
Tempo (t)
Temperatura (T)

o calcolata moltiplicando o dividendo altre dimensioni direttamente misurabili

L / t = velocità
L^3 = volume
M / L^3 = densità
$M \cdot L / t^2$ = forza

Unità di misura

Le UdM sono quantità prestabilite (per convenzione, legge, usanza, ecc.) di una grandezza fisica, che vengono utilizzate come riferimento per la misura di quella grandezza fisica

L → cm, m, ft, in, yd
M → g, kg, lbm, oz

Attenzione a non confondere DIMENSIONI con UdM

ES $E = mc^2$ → quali sono le dimensioni di E? $[E] = M \cdot L^2 / t^2 = M\,L^2\,t^{-2}$
Se m è in kg e c in m/s, le UdM di E sono $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$

Dimensioni e UdM come variabili algebriche

Dimensioni e UdM possono essere trattate come variabili algebriche (+ − × :), MA:

Due quantità possono essere sommate o sottratte SOLO se hanno le stesse dimensioni (e, per fare il conto, le stesse UdM)

	Esempio	Analogia algebrica	
UdM	2 cm − 1 cm = 1 cm	2x − x = x	✓
UdM	2 cm − 1 kg = ?	2x − y = ?	✗
Dimensioni	3 M − 1 M = 2 M		✓
Dimensioni	3 M − 1 L = ?		✗

Prodotti e quozienti sono sempre possibili

$$\frac{15\ \text{km}}{3\ \text{h}} = 5\ \text{km/h} \qquad \frac{50\ \text{km}}{\text{h}} \times 3\ \text{h} = 150\ \text{km} \qquad \frac{10\ \text{kg}}{2\ \text{kg}} = 5$$

(adimensionale)

Forza

$[F] = [m \cdot a] = M \cdot L / t^2$

$= \mathbf{M\ L\ t^{-2}}$

Energia (lavoro)

$[E] = [F \cdot s] = [m \cdot a \cdot s]$

$= M \cdot L / t^2 \cdot L = \mathbf{M\ L^2\ t^{-2}}$

s = spazio percorso

2) Conversione delle unità di misura

Per ogni quantità misurabile esistono diverse UdM aventi le dimensioni appropriate:

v = m/s o ft/s o cm/yr o mile/h

Problema: gestire dati con UdM diverse. Come si passa da un'UdM a un'altra? → **EQUAZIONE DIMENSIONALE**

a. a sinistra: valore e UdM di partenza

b. si procede con le conversioni delle unità (con eliminazione)

c. si eseguono i calcoli

Esempi di conversione (1)

ES 1 **146 000 cm = ? km**

$$146\,000\ \text{cm} \times \frac{1\ \text{m}}{100\ \text{cm}} \times \frac{1\ \text{km}}{1000\ \text{m}} = \frac{146\,000}{100 \times 1000}\ \text{km} = \textbf{1.46 km}$$

ES 2 **2 cm³/s = ? L/h**

$$\frac{2\ \text{cm}^3}{\text{s}} \times \frac{1\ \text{mL}}{1\ \text{cm}^3} \times \frac{1\ \text{L}}{1000\ \text{mL}} \times \frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}} \times \frac{60\ \text{min}}{1\ \text{h}} = \frac{2 \cdot 60 \cdot 60}{1000}\ \text{L/h} = \textbf{7.2 L/h}$$

Si semplificano le UdM come variabili algebriche: in alto e in basso nella stessa colonna di conversione

Esempi di conversione (2)

ES 3 **1 cm/s² = ? km/yr²**

$$\frac{1\ \text{cm}}{\text{s}^2} \times \frac{3600^2\ \text{s}^2}{1^2\ \text{h}^2} \times \frac{24^2\ \text{h}^2}{1^2\ \text{day}^2} \times \frac{365^2\ \text{day}^2}{1^2\ \text{yr}^2} \times \frac{1\ \text{m}}{100\ \text{cm}} \times \frac{1\ \text{km}}{1000\ \text{m}}$$

$$= \frac{3600^2 \times 24^2 \times 365^2}{100 \times 1000}\ \text{km/yr}^2 = \mathbf{9.95 \times 10^9\ km/yr^2}$$

Attenzione: se l'unità è al quadrato, anche il fattore di conversione va elevato al quadrato (1 h = 3600 s → 1 h² = 3600² s²)

Esempi di conversione (3)

ES 4 **La densità di un olio è 0.875 g/cm³. Esprimerla in kg/m³**

$$\frac{0.875\ \text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1\ \text{kg}}{1000\ \text{g}} \times \frac{(100\ \text{cm})^3}{1^3\ \text{m}^3} = \quad \textbf{875 kg/m}^3$$

↑ *elevare al cubo*

1 m = 100 cm → 1 m³ = (100 cm)³ = 10⁶ cm³

3) Sistemi di unità di misura

Un sistema di UdM è costituito da:

1. **Unità di base**
   massa, lunghezza, tempo, temperatura, corrente elettrica, intensità luminosa (e quantità di sostanza)

2. **Multipli e sottomultipli delle unità di base (prefissi)**

Prefisso	n	μ	m	c	k	M	G	T
Fattore	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^{-2}	10^{3}	10^{6}	10^{9}	10^{12}

3. **UdM derivate**
   a) ottenute moltiplicando o dividendo le unità 1) o 2)
   b) definite come equivalenti (es. 1 erg = 1 g · cm^2/s^2)

I tre sistemi di UdM principali

Sistema	Lunghezza	Massa	Tempo	Altre unità di base
SI (Sistema Internazionale)	m	kg	s	K, A, cd (candela), mol
CGS	cm	g	s	≠ SI solo in M (g) e L (cm)
US (o degli ingegneri)	ft	lbm	s	

Il sistema US ha 2 principali difficoltà:

a) spesso i fattori di conversione NON sono multipli di 10: **1 m = 100 cm** ma **1 ft = 12 in**
b) ha a che fare con le unità per la FORZA (vedi dopo)

Esempio: conversione dal sistema US

ES **23 lbm · ft / min² = ? kg · cm / s²**

$$\frac{23\ \text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{min}^2} \times \frac{1^2\ \text{min}^2}{60^2\ \text{s}^2} \times \frac{1\ \text{m}}{3.2808\ \text{ft}} \times \frac{100\ \text{cm}}{1\ \text{m}} \times \frac{0.453593\ \text{kg}}{1\ \text{lbm}}$$

$$= \frac{23 \times 100 \times 0.453593}{60^2 \times 3.2808} \quad \text{kg} \cdot \text{cm} / \text{s}^2 = \quad \mathbf{0.088\ kg \cdot cm / s^2}$$

Fattori utili: 1 m = 3.2808 ft 1 lbm = 0.453593 kg 1 min = 60 s

Le unità della forza

Ricollego al problema US → forza: $F = m \cdot a$ $[F] = M \cdot L/t^2 = M\,L\,t^{-2}$

Sistema	UdM di F (unità di base)	Unità derivata
SI	$kg \cdot m / s^2$	1 newton (N) = $1\ kg \cdot m/s^2$
CGS	$g \cdot cm / s^2$	1 dyne = $1\ g \cdot cm/s^2$
US / ingegneri	$lbm \cdot ft / s^2$	1 lbf = $32.174\ lbm \cdot ft/s^2$

Le UdM di F sono unità complesse → introduzione di UdM DERIVATE

$gc = 32.174\ lbm \cdot ft / (lbf \cdot s^2)$ fattore di conversione: in SI vale 1, nel sistema US no!

Esempi sulla forza

ES a **F necessaria per accelerare m = 4.00 kg con a = 9.00 m/s², in newton**

$$F = m \cdot a = 4.00\ \text{kg} \times \frac{9.00\ \text{m}}{\text{s}^2} \times \frac{1\ \text{N}}{1\ \text{kg} \cdot \text{m/s}^2} = 4.00 \times 9.00\ \text{N} = \mathbf{36.0\ N}$$

ES b **F in lbf per accelerare m = 4.00 lbm con a = 9.00 ft/s²**

$$F = m \cdot a = 4.00\ \text{lbm} \times \frac{9.00\ \text{ft}}{\text{s}^2} \times \frac{1\ \text{lbf}}{32.174\ \text{lbm} \cdot \text{ft/s}^2} = \frac{4.00 \times 9.00}{32.174}\ \text{lbf} = \mathbf{1.12\ lbf}$$

Fattore di conversione: N → kg · m/s² = 1 lbf → lbm · ft/s² = 32.174 !

Altri esempi

ES $F = 2\ \text{kg} \cdot \text{m/s}^2 = \mathbf{2\ N}$

$$F = 2\ \text{lbm} \cdot \text{ft/s}^2 = \frac{2}{32.174}\ \text{lbf} = \mathbf{0.0622\ lbf}$$

ES $m = 12.0\ \text{lbm} \qquad a = 6.00\ \text{ft/s}^2$

$$\rightarrow F = \frac{12.0 \times 6.00}{32.174}\ \text{lbf} = \mathbf{2.24\ lbf}$$