

ESERCIZI UNITA' A – SOMMARIO

A. UNITA' DI MISURA

A.I. Dimensioni fisiche

A.II. Misure e unità di misura

A.III. Sistema Internazionale (SI) ed unità di misura fondamentali

A.IV. Unità di misura derivate

A.V. Convenzioni formali

A.I. Dimensioni fisiche

Le quantità fisiche sono specificate in termini di *dimensioni* o *grandezze fisiche*. Cinque grandezze fondamentali sono impiegate in termodinamica, termocinetica e fluidodinamica:

- lunghezza [L]
- massa [M]
- tempo [T]
- temperatura [θ]
- quantità di sostanza [m]

Tutte le altre grandezze fisiche possono essere riferite alle grandezze fondamentali. Ad esempio:

- forza [M·L·T⁻²]
- energia o lavoro [M·L²·T⁻²]
- potenza [M·L²·T⁻³]
- pressione [M·L⁻¹·T⁻²]
- massa volumica [M·L⁻³]
- massa molare [M·m⁻¹]
- capacità termica massica [L²·T⁻²· θ ⁻¹]

A.II. Misure e unità di misura

Si definisce *misura* il procedimento con cui si fa corrispondere un numero ad una certa grandezza fisica.

A tal scopo, occorre innanzitutto scegliere una grandezza della stessa specie, da utilizzare come campione, ed assegnare ad essa il valore numerico “uno”. Si definisce così l’*unità di misura*. Si va quindi a verificare il numero di volte che l’unità di misura è contenuta nella grandezza da misurare.

Alla fine, ogni grandezza fisica può essere caratterizzata con un *numero*, che ne rappresenta la misura, seguito obbligatoriamente da un *simbolo*, che indica l’unità di misura.

A.III. Sistema Internazionale (SI) ed unità di misura fondamentali

Fino a non molti anni fa, la situazione sulle unità di misura era decisamente caotica. Solo per fare un esempio, per la lunghezza si utilizzavano: pollice (quello di Enrico VIII, notoriamente corpulento!), spanna, piede, braccio, passo, pertica, miglio, lega, ecc. Queste unità di misura assumevano poi valori anche molto diversi, a seconda della località geografica e dell’ambito applicativo. Soltanto con riferimento al miglio, si distingueva (e si distingue ancora) tra:

- miglio geografico 1855.4 m
- miglio marino inglese 1853.184 m
- miglio marino internazionale e U.S.A. 1852 m

- miglio marino italiano 1851.6 m
- miglio terrestre inglese 1609.344 m
- miglio terrestre U.S.A. 1609.343 m

Per razionalizzare la situazione, nel 1961 si è definito, nel corso dell'11^a Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure, il Sistema Internazionale d'Unità, usualmente abbreviato SI. Questo considera sette grandezze fisiche fondamentali: *lunghezza, massa, tempo, temperatura termodinamica, quantità di sostanza, intensità di corrente elettrica e intensità luminosa*. Le unità di misura prescritte per tali grandezze, dette *unità di misura fondamentali*, sono, rispettivamente: *metro, kilogrammo, secondo, kelvin, mole, ampere e candela*. Si danno maggiori informazioni al riguardo nella tabella riportata nel seguito.

Grandezze fisiche ed unità di misura fondamentali del Sistema Internazionale			
Quantità	Unità	Simbolo	Definizione
Lunghezza [L]	metro	m	Inizialmente si faceva riferimento ad un campione, poi il metro è stato calcolato come la distanza percorsa dalla luce nel vuoto nel tempo di 1/299'792'458 secondi e, infine, è stato definito come 1/1'650'763.73 volte la lunghezza d'onda, nel vuoto, della radiazione corrispondente alla transizione tra i livelli 2p ₁₀ e 5d ₅ dell'atomo di krypton 86 (⁸⁶ Kr).
Massa [M]	kilogrammo	kg	Il kilogrammo è l'unità di massa ed è eguale alla massa del prototipo internazionale, un cilindro di platino-iridio, che è conservato presso il Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) con sede a Sèvres (Parigi).
Temperatura termodinamica [θ]	kelvin	K	Il kelvin è la frazione 1/273.16 della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua. È peraltro ammessa la misura della temperatura in gradi celsius (°C), a volte indicata con [t] per distinguerla dalla temperatura termodinamica espressa in gradi kelvin – in tal caso è opportuno indicare il tempo con la lettera greca [τ]. La conversione è T (K) = t (°C) + 273.15, ma le differenze di temperatura sono equivalenti.
Tempo [T]	secondo	s	Il secondo è l'intervallo di tempo che contiene 9'192'631'770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133 (¹³³ Cs). È ammesso l'uso di unità di misura quali il minuto (min), l'ora (hr) e il giorno.
Quantità di sostanza [m]	mole	mol	La mole è la quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari (atomi, ioni, molecole, particelle, ecc.) quanti sono gli atomi in 0.012 kg di carbonio 12 (¹² C). Si noti che si fa spesso uso, per ragioni di convenienza pratica, della kilomole (kmol), che è la quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 12 kg di ¹² C.
Intensità di corrente elettrica [i]	ampere	A	L'ampere è l'intensità di corrente elettrica che, mantenuta costante in due conduttori rettilinei, paralleli, di lunghezza infinita, di sezione circolare trascurabile e posti alla distanza di 1 m l'uno dall'altro nel vuoto, produrrebbe tra i due conduttori la forza di 2·10 ⁻⁷ N per ogni metro di lunghezza.
Intensità luminosa [I]	candela	cd	La 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 quella direzione è 1/683 W per steradiante.

L'uso del S.I. è stato reso obbligatorio in Italia dal DPR n. 802 del 12 agosto 1982 (in attuazione della direttiva CEE 80/181 del 20 dicembre 1979), in tutte le attività economiche, della sanità, della sicurezza pubblica e delle operazioni amministrative, con possibilità di eccezione solo per i settori in cui convenzioni o accordi internazionali vincolanti l'Italia o l'Unione Europea impongono l'impiego di unità diverse (ad esempio, in aviazione, si indicano le quote in piedi e le distanze in miglia).

In generale, è ammesso l'impiego di differenti unità di misura, ma quelle SI devono essere sempre presenti ed in carattere dominante. Gli strumenti di misura possono impiegare solo unità di misura legali. Le principali pubblicazioni scientifiche e tecniche internazionali richiedono sempre e, spesso, esclusivamente l'utilizzo di unità di misura SI.

A.IV. Unità di misura derivate

Tutte le grandezze fisiche diverse da quelle fondamentali possono essere quantificate sfruttando le relazioni che le legano a queste ultime. Ad esempio, un'area ed un volume possono essere misurati utilizzando due e tre volte, rispettivamente, l'unità di misura della lunghezza.

Le unità di misura definite combinando unità di misura fondamentali e non direttamente per confronto con campioni sono dette *unità derivate*. Nel Sistema Internazionale, una caratteristica delle unità di misura derivate è che queste sono ottenute combinando le unità fondamentali senza necessità di coefficienti moltiplicativi. Ad esempio, l'unità di misura della forza, il newton, è definita come segue:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

Invece, il kilogrammo-forza impiegato nel sistema degli ingegneri (Sistema Tecnico), essendo la costante di gravità pari a 9.80665 m/s^2 , è tale che:

$$1 \text{ kg}_f = 9.80665 \text{ N}$$

Le altre principali unità di misura derivate utilizzate in termofluidodinamica sono:

- energia joule J $1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$
- potenza watt W $1 \text{ W} = 1 \text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$
- pressione pascal Pa $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}$

Il Sistema Internazionale prevede l'uso del joule sia per l'energia meccanica che per il calore, sancendone quindi l'equivalenza meccanica. La caloria ($1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$) non è contemplata. Si noti che il kilowattora è un'unità di energia e non di potenza ($1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$)

Unità di misura ancora usate nella valutazione della viscosità, seppur estranee al Sistema Internazionale e quindi da evitare, sono le seguenti:

- viscosità dinamica poise P $1 \text{ P} = 0.1 \text{ Pa}\cdot\text{s} \text{ (kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1} \text{ o N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-2}\text{)}$
- viscosità cinematica stoke St $1 \text{ St} = 0.0001 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$

In realtà, per ragioni di ordine pratico, è più diffuso l'impiego dei seguenti sottomultipli:

- viscosità dinamica centipoise cP $1 \text{ cP} = 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
- viscosità cinematica centistoke cSt $1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$

La viscosità dinamica dell'acqua allo stato liquido e temperatura ambiente (20°C) è pari a circa 1 cP, la sua viscosità cinematica è pari a circa 1 cSt. La viscosità di oli lubrificanti in condizioni di lavoro tipiche ($20^\circ\text{C}\div 120^\circ\text{C}$) varia tra 10 e 1000 cP (dinamica) e tra 10 e 1000 cSt (cinematica).

Infine, esiste un'ampia casistica di unità di misura non appartenenti al Sistema Internazionale e tuttavia prescritte in taluni ambiti applicativi, per ragioni di standardizzazione, oppure preferite o comunque assai diffuse per consuetudine o praticità di impiego. In quest'ultimo

caso rientrano le varie unità di misura della pressione alternative al pascal e ai suoi multipli o sottomultipli:

• bar	bar	1 bar = 10^5 Pa
• atmosfera standard	atm	1 atm = 101'325 Pa = 1.01325 bar
• atmosfera tecnica	at (o ata)	1 at = $9.80665 \cdot 10^4$ Pa (= $1 \text{ kg}_f \text{ cm}^{-2}$)
• libbra-forza per pollice quadro	psi	1 psi (<i>pound per square inch</i>) = 6895 Pa
• millimetro di mercurio	mm Hg	1 mm Hg (1 Torr) = 133 Pa
• millimetro d'acqua	mm H ₂ O	1 mm H ₂ O = 9.80665 Pa

A.V. Convenzioni formali

Nella scrittura della misura delle grandezze fisiche occorre rispettare alcune convenzioni formali. Non si tratta di una semplice questione di eleganza, in quanto molte delle regole sotto elencate sono prescritte dalla norma CNR-UNI 10003 (l'UNI è l'Ente di Unificazione Italiano e, in genere, recepisce le norme CEN dell'Unione Europea e ISO per il mondo).

Tra le altre, è necessario attenersi alle seguenti prescrizioni:

- l'indicazione delle unità di misura deve obbligatoriamente seguire ogni misura numerica, in simbolo e non per esteso (ad es., 1 N, 10 J, 100 W)
- se non segue un'indicazione numerica, ad esempio se è impiegato all'interno di una frase, il nome dell'unità di misura va invece riportato per esteso e con iniziale sempre minuscola, anche se deriva da un nome proprio (ad esempio, "l'unità di misura della pressione è il newton")
- dopo il simbolo dell'unità di misura non va mai il puntino (neanche dopo min o atm)
- per separatore decimale si può usare un punto o, solo in Italia, una virgola
- occorre utilizzare, quando possibile, le unità di misura derivate (N, J, W, Pa, ecc.)
- è spesso opportuno scandire a gruppi di 3 le cifre di un numero molto lungo, sia prima che dopo il separatore decimale, impiegando uno spazio, un puntino in alto o un apostrofo in alto per separare i vari gruppi (ad esempio, 1'234.567'89)
- sono consentiti multipli e sottomultipli delle unità fondamentali solo per un fattore 1000; tuttavia, è ammesso l'uso di alcune grandezze come, ad esempio, il centimetro ($1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$) o il bar ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$)
- è ammesso l'uso del litro ($1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$), con possibilità di utilizzare sia L che l (lettera maiuscola o minuscola) per il simbolo dell'unità di misura
- i prefissi da anteporre al simbolo dell'unità di misura per indicare i principali multipli e sottomultipli sono i seguenti: tera ($T \Leftrightarrow \cdot 10^{12}$), giga ($G \Leftrightarrow \cdot 10^9$), mega ($M \Leftrightarrow \cdot 10^6$), kilo ($k \Leftrightarrow \cdot 10^3$, con il k di kilo sempre in minuscolo), milli ($m \Leftrightarrow \cdot 10^{-3}$), micro ($\mu \Leftrightarrow \cdot 10^{-6}$), nano ($n \Leftrightarrow \cdot 10^{-9}$), pico ($p \Leftrightarrow \cdot 10^{-12}$)
- si considerano *cifre significative* la prima (da sinistra a destra) diversa da zero e tutte quelle che la seguono, compresi gli zeri (ad esempio, le cifre significative nella misura 0.001'234 m sono solo quattro, e la misura può essere più convenientemente espressa nella forma 1.234 mm); va in generale considerato che il numero di cifre significative di una misura numerica può essere sfruttato per fornire un'informazione sull'accuratezza con cui si conosce la grandezza fisica misurata (ad esempio, 10'000 W può significare

che la misura ha accuratezza dell'ordine di 1 W, mentre, se l'accuratezza è dell'ordine di 100 W, è più conveniente scrivere 10.0 kW o $1.00 \cdot 10^4$ W)

- se nell'indicazione dell'unità di misura si impiegano a denominatore due o più simboli, è opportuno raggrupparli entro parentesi; ad esempio, $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ si può anche scrivere $W/(m \cdot K)$, che è perfettamente equivalente, mentre scrivere $W/m \cdot K$ può ingenerare confusione, poiché può essere inteso come $(W/m) \cdot K$