

MODULO N° 1: METROLOGIA

(lista delle cose che si devono sapere)

OBIETTIVI: **A)** *conoscenza del sistema internazionale di unità di misura*

B) *capacità di svolgere equivalenze con unità di misura fondamentali e derivate*

- Metrologia (def.)
- Grandezza fisica (def.)
- Misurazione (def.)
- Misura (def.)
- Unità di misura (def.)
esempi
- Sistema Internazionale delle unità di misura (def.)
unità di misura fondamentali (descr.)
unità di misura derivate (descr.)
relazioni tra le grandezze fisiche (appl.)
esempi
- Multipli e sottomultipli delle unità di misura (def.)
equivalenze con unità di misura fondamentali e derivate (appl.)

METROLOGIA - SCHEDA DI LEZIONE

METROLOGIA: è quella scienza che si occupa delle misurazioni delle grandezze fisiche nel senso che ne studia i principi e i metodi necessari per effettuarle.

Sono tre le principali problematiche della metrologia:

- 1) studio delle unità di misura;
- 2) individuazione di strumenti per effettuare misurazioni e dei metodi per il loro corretto uso.
- 3) valutazione dell'incertezza della misura tenendo conto degli strumenti usati e delle procedure adottate;

GRANDEZZA FISICA: tutto ciò che è misurabile in modo inequivocabile.

MISURAZIONE: operazione compiuta con uno strumento, detto strumento di misura, il cui risultato, detto **MISURA**, è costituito da un numero e da una o più lettere detta **UNITÀ DI MISURA**.

MISURA: rappresenta quante volte l'unità di misura è contenuta nella grandezza.

La misura è formata da un numero e da una o più lettere detta unità di misura

misura $\left\{ \begin{array}{l} \text{numero: quante volte l'unità di misura è contenuta} \\ \text{nella grandezza da misurare} \\ \text{unità di misura} \end{array} \right.$

Esempio: il risultato di una misurazione della lunghezza di un'asta è stato:

$L = 3 \text{ m}$ m (metro) unità di misura della lunghezza.
 3 numero che indica quante volte il metro è contenuto nell'asta.

UNITÀ DI MISURA: è la misura campione della grandezza, cioè il termine di riferimento convenzionalmente adottato per confrontare tra loro grandezze della stessa specie.

S.I.: Sistema Internazionale delle unità di misura - è un insieme di definizioni di unità di misura tra loro collegate; alcune unità sono fondamentali, mentre tutte le altre sono derivate da esse.

Le fondamentali sono nove.

Unità di misura del S.I. $\left\{ \begin{array}{l} \text{- fondamentali} \\ \text{- derivate: si ricavano da quelle fondamentali} \end{array} \right.$

Unità di misura fondamentali		GRANDEZZE FISICHE		Unità di misura derivate		GRANDEZZE FISICHE	
nome	simbolo	nome		nome	simbolo	nome	formule
metro	m	LUNGHEZZA		metro. al secondo	m/s	VELOCITÀ	$v=s / t$
kilogrammo	kg	MASSA		metro al secondo quadro	m/s^2	ACCELERAZIONE	$a=v / t$
secondo	s	TEMPO		metro quadrato	m^2	AREA	$A= b h$
kelvin	K	TEMPERATURA		metro cubo	m^3	VOLUME	$V= A h$
ampere	A	INTENSITÀ DI CORRENTE		newton	N	FORZA	$F= M a$
candela	cd	INTENSITÀ LUMINOSA		joule	J	LAVORO	$L= F s$
mole	mol	QUANTITÀ DI SOSTANZA		pascal	Pa	PRESSIONE	p
radiante	rad	ANGOLO PIANO		newton	N	PESO	$P= M g$
steradiano	sr	ANGOLO SOLIDO		watt	W	POTENZA	$N=L / t$

MULTIPLI E SOTTOMULTIPLI delle unità di misura: servono per individuare grandezze di riferimento maggiori o minori di quella fissata nel S.I., moltiplicando o dividendo per 10^n , dove n indica il numero di passi da compiere sulla scala dei multipli o sottomultipli per passare da una unità all'altra; se le unità di misura sono elevate al quadrato, allora si deve moltiplicare o dividere per 10^{2n} ; se le unità di misura sono elevate al cubo, allora si deve moltiplicare o dividere per 10^{3n} . Si formano mettendo dei prefissi davanti all'unità di misura.

PREFISSI PER MULTIPLI

nome prefisso	simbolo	fattore di moltiplicazione
giga	G	1 000 000 000
mega	M	1 000 000
kilo	k	1 000
etto	h	100
deca	da	10

PREFISSI PER SOTTOMULTIPLI

nome prefisso	simbolo	fattore di moltiplicazione
deci	d	$1/10 = 0,1$
centi	c	$1/100 = 0,01$
milli	m	$1/1 000 = 0,001$
micro	μ	$1/1 000 000 = 0,000 001$

L'ORTOGRAFIA DELLA METROLOGIA (REGOLE DI SCRITTURA)

LE REGOLE	Scrittura corretta	Scrittura sbagliata
Scrittura dei numeri		
Cifre arabe e numerazione decimale, in carattere tondo diritto normale.	20,35	20,35
Separazione fra interi e decimali con una virgola.	42,53	42.53
Caratteri identici per la parte intera e per quella decimale.	0,452	0,452
Sia a sinistra che a destra della virgola i numeri possono essere raggruppati in gruppi di tre cifre, separati fra loro da uno spazio leggermente superiore allo spazio fra le cifre. Non mettere punti fra i gruppi. Nessuno spazio dopo la virgola.	352 258,42 0,253 452	352.258,63 0,253.452
Simboli delle operazioni matematiche elementari		
Il segno di moltiplicazione tra simboli letterari: un puntino a mezza altezza o nessun segno e uno spazio.	$a \cdot b$ $a b$	$a \times b$ ab
Il segno di moltiplicazione tra due numeri: un \times	14×7	$14 \cdot 7$
Il segno di moltiplicazione tra un numero e un simbolo letterario: nessun segno e uno spazio.	$6,22 b$	$6,22 \cdot b$ $6,22 \times b$
Le parentesi vanno impiegate, tra numeri e simboli, quando consentono di evitare forme ambigue.	$20 \frac{J}{(kg \cdot K)} ; 20 \frac{J}{kg \cdot K}$ $(4,5 \pm 0,1) m$	$20 \frac{J}{kg \cdot K}$ $4,5 \pm 0,1 m$
Le unità di misura		
L'unità di misura quando non è accompagnata dal valore numerico, si scrive per esteso.	Alcuni metri Pochi kilowatt	Alcuni m Pochi kW
I nomi delle unità di misura sono nomi comuni; pertanto la loro iniziale è minuscola.	newton kelvin	Newton Kelvin
Il simbolo dell'unità di misura segue il valore numerico a cui si riferisce; non va seguito dal puntino e non prende alcuna forma di plurale.	6,5 kg 25 N 200 W	6,5 kg. kg 6,5 25 newton 200 Ws
Il simbolo del prefisso di multiplo o di sottomultiplo precede il simbolo dell'unità, senza spazi o puntini fra i due, usando lo stesso carattere per il simbolo dell'unità	5 cm 10 mm	5 c · m 10 mm
Il simbolo di unità derivata, prodotto di due o più unità, si scrive interponendo tra i simboli un puntino a mezza altezza, o lasciando fra essi uno spazio	8 m · K 8 m K (otto metri per kelvin)	8 mK (otto millikelvin)
Il simbolo di unità derivata, quoziente di altre, si scrive nei modi indicati a fianco	5 m/s , 5 $\frac{m}{s}$	m 5 /s m/s 5
I simboli di ora, minuto e secondo sono, rispettivamente, h, min, s	5 h 8 min 4 s	5 hr. 8' 4"
Il prefisso kilo inizia con k minuscolo, non con ch; il suo simbolo è k minuscolo.	Pochi kelvin 10 K	Pochi Kelvin 10 °K
L'unità di temperatura è: il kelvin, simbolo K; il grado Celsius, simbolo °C	Molti gradi Celsius 45,8 °C	Molti gradi centigradi 45,8 C 45,8°

Sistema Internazionale (SI) Sistema di unità di misura adottato dalla XI Conferenza generale di pesi e misure, tenutasi a Parigi nel 1960; è indicato in tutto il mondo con la sigla SI, dalle iniziali di *Système International*.

Nella Conferenza, organizzata con lo scopo di adottare un sistema di misura universale, unificato e coerente, basato sul sistema MKS (metro-kilogrammo-secondo), sono state definite le unità di sei grandezze fondamentali e di due grandezze supplementari; una settima unità fondamentale, la mole, è stata aggiunta nel 1971. Le sette unità fondamentali sono elencate nella tabella 1 e le unità supplementari nella tabella 2. I simboli elencati nelle due ultime colonne sono uguali in tutte le lingue.

Lunghezza

Il metro, unità di misura fondamentale per le lunghezze, fu originariamente definito in seguito a un accordo internazionale come la distanza tra due linee fini incise su un'asta di platino-iridio. Nel 1960 tuttavia la Conferenza lo ridefinì assumendo come riferimento la lunghezza d'onda della radiazione elettromagnetica rosso-arancio emessa dall'isotopo krypton 86. Nel 1983, infine, fu nuovamente definito come la distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo pari $1/299.792.458$ secondi.

Massa

Quando fu creato il sistema metrico, il kilogrammo fu definito come la massa di un decimetro cubo di acqua distillata alla temperatura di $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Questa definizione risultò tuttavia imprecisa a causa dell'impossibilità pratica di disporre di acqua sufficientemente priva di impurezze; di conseguenza, nel 1889, si assunse come campione primario di massa il cilindro di platino-iridio attualmente conservato presso il Bureau International des Poids et Mesures di Sèvres.

Tempo

Per secoli il tempo è stato misurato con riferimento al moto di rotazione della Terra, cosicché il secondo, unità base di tempo, venne definito come $1/86.400$ del giorno solare medio, cioè dell'intervallo di tempo impiegato dalla Terra a compiere una rotazione completa attorno al proprio asse. Le irregolarità di tale rotazione, tuttavia, imposero una nuova definizione e nel 1967 si assunse per secondo la durata di $9.192.631.770$ oscillazioni della radiazione emessa durante la transizione tra i due livelli energetici iperfini nello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133.

Temperatura

La scala delle temperature adottata nella Conferenza del 1960 è definita assegnando il valore $273,16\text{ K}$ al punto triplo dell'acqua (in cui coesistono le tre fasi, liquida, solida e gassosa). Il punto di congelamento dell'acqua venne fissato di conseguenza a $273,15\text{ K}$, a cui corrisponde esattamente lo zero della scala Celsius.

Altre unità

Nel sistema SI, l'ampere è stato definito come la corrente elettrica costante che, fluendo in due fili rettilinei, paralleli e indefiniti, posti nel vuoto alla distanza di un metro l'uno dall'altro, determina tra essi una forza di 2×10^{-7} newton per ogni metro di lunghezza.

Nel 1971 la mole fu definita come la quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari, molecole, atomi, ioni ecc., quanti sono gli atomi contenuti in $0,012$ kilogrammi di carbonio 12. Questo numero, noto come numero di Avogadro, vale circa $6,022 \times 10^{23}$.

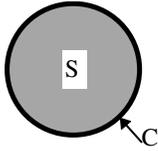
L'unità internazionale di intensità luminosa, la candela, fu definita come $1/60$ dell'intensità della radiazione emessa da una superficie di corpo nero avente area di 1 cm^2 e mantenuta alla temperatura di fusione del platino e alla pressione di 101.325 Pa . Sono state definite anche due unità supplementari: il radiante è l'angolo piano che sottende su una circonferenza un arco di lunghezza pari al raggio; lo steradiano è l'angolo solido con il vertice al centro di una sfera che sottende una calotta sferica di area equivalente a quella di un quadrato avente lati uguali al raggio.

Le unità del sistema SI per tutte le altre grandezze sono derivate dalle sette unità fondamentali e dalle due supplementari.

Una caratteristica del SI è quella di essere coerente, cioè le unità derivate sono espresse come prodotti e quozienti di unità fondamentali, supplementari o di altre unità derivate senza fattori numerici; ne consegue che alcune unità sono troppo grandi e altre troppo piccole per l'uso normale. Per rimediare a questo inconveniente è ammesso l'uso di multipli e sottomultipli delle unità fondamentali. Come mostrato in tabella 5, essi sono indicati con prefissi tratti dal sistema metrico. Esempi sono: millimetro (mm), kilometro/ora (km/h), megawatt (MW) e picofarad (pF). Inoltre, siccome non sono permessi prefissi doppi, i prefissi necessari sono applicati non al kilogrammo ma al grammo. I prefissi etto, deca, deci, centi sono usati solo raramente; il centimetro viene conservato per misurare il corpo e nel campo dell'abbigliamento.

ESERCIZI SVOLTI

- (1) Calcolare l'area di un cerchio di diametro 30 mm e la lunghezza della sua circonferenza.



$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \begin{cases} S \text{ area del cerchio} \\ d \text{ diametro} \end{cases}$$

$$c = \pi \cdot d \begin{cases} c \text{ circonferenza} \\ d \text{ diametro} \end{cases}$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \times (30 \text{ mm})^2}{4} = 706,5 \text{ mm}^2$$

$$c = \pi \cdot d = 3,14 d = 3,14 \times (30 \text{ mm}) = 94,2 \text{ mm}$$

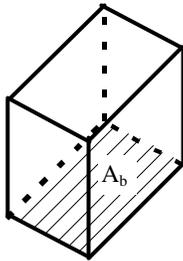
- (2) Calcolare l'area di un rettangolo di lati 5,3 cm e 2,4 mm.



$$5,3 \text{ cm} = 53 \text{ mm}$$

$$A = 53 \text{ mm} \times 2,4 \text{ mm} = 127,2 \text{ mm}^2$$

- (3) Calcolare il volume di una scatola a base rettangolare di dimensioni 35 mm e 3 cm, e di altezza 28 mm.



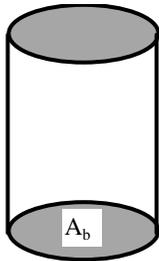
$$V = A_b h \begin{cases} V \text{ volume} \\ A_b \text{ area di base} \\ h \text{ altezza} \end{cases}$$

$$3 \text{ cm} = 30 \text{ mm}$$

$$A_b = 35 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} = 1050 \text{ mm}^2$$

$$V = A_b h = 1050 \text{ mm}^2 \times 28 \text{ mm} = 29400 \text{ mm}^3$$

- (4) Calcolare il volume di un cilindro di diametro 10 mm e altezza 3 cm.



$$V = A_b h \begin{cases} V \text{ volume} \\ A_b \text{ area di base} \\ h \text{ altezza} \end{cases} \quad A_b = \frac{\pi d^2}{4} \begin{cases} A_b \text{ area di base} \\ d \text{ diametro} \end{cases}$$

$$A_b = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \times (10 \text{ mm})^2}{4} = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$V = A_b h = 78,5 \text{ mm}^2 \times 30 \text{ mm} = 2355 \text{ mm}^3$$

- (5) Calcolare il peso di un corpo di massa 75 kg sulla terra e sulla luna, sapendo che

$$\begin{array}{ll} \text{acc. gravità terra} & g_t = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ \text{acc. gravità luna} & g_l = 1,63 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{array} \quad P = M \cdot g \begin{cases} P \text{ peso del corpo} & \text{N} \\ M \text{ massa del corpo} & \text{kg} \\ g \text{ acc. di gravità} & \text{m/s}^2 \end{cases}$$

Il peso è la forza con cui viene attratta la massa del corpo:

$$P_t = M \cdot g_t = 75 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 735,75 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} = 735,75 \text{ N}$$

$$P_l = M \cdot g_l = 75 \text{ kg} \times 1,63 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 122,25 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} = 122,25 \text{ N}$$

ESEMPI DI LETTURA DI MISURE CON UNITÀ DI MISURA DERIVATE

1 m² = 1 m × 1 m è la superficie di un quadrato di lato 1 m

1 m³ = 1 m × 1 m × 1 m è il volume di un cubo di lato 1 m

1 m/s = $\frac{1 \text{ m}}{1 \text{ s}}$ è la velocità di un corpo che si sposta di 1 m in 1s

1 m/s² = $1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{1 \text{ s}}{1 \text{ s}}$ è l'accelerazione di un corpo che varia la sua velocità di 1 m/s in 1s

1 N = 1 kg × $1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ è la forza che applicata a un corpo di massa 1 kg lo accelera di 1 m/s²

1 J = 1 N × 1 m è il lavoro fatto da una forza di 1 N quando si sposta di 1 m

1 W = $\frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$ è la potenza impegnata per svolgere il lavoro di 1 J in 1s

1 Pa = $\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2}$ è la pressione che fa la forza di 1 N quando agisce su una superficie di 1 m²

ESERCIZI SULLE EQUIVALENZE

EQUIVALENZE CON UNITÀ DI MISURA FONDAMENTALI:

$$3 \text{ km} = ? \text{ m} \qquad 12 \text{ dam} = ? \text{ m} \qquad 28 \text{ cm} = ? \text{ m}$$

$$3 \text{ km} = 3 \cdot 1000 \text{ m} = 3000 \text{ m} \quad ; \quad 12 \text{ dam} = 12 \cdot 10 \text{ m} = 120 \text{ m} \quad ; \quad 28 \text{ cm} = 28 \cdot 0,01 \text{ m} = 0,28 \text{ m}$$

$$7 \text{ kg} = ? \text{ dag} \qquad 2500 \text{ mg} = ? \text{ g} \qquad 1,8 \text{ hg} = ? \text{ dg}$$

$$7 \text{ kg} = 7 \cdot 100 \text{ dag} = 700 \text{ dag} \quad ; \quad 2500 \text{ mg} = 2500 \cdot 0,001 \text{ g} = 2,5 \text{ g} \quad ; \quad 1,8 \text{ hg} = 1,8 \cdot 1000 \text{ dg} = 1800 \text{ dg}$$

$$1 \text{ s} = \frac{1}{60} \text{ min} \quad ; \quad 1 \text{ s} = \frac{1}{3600} \text{ h} \quad ; \quad 1 \text{ min} = \frac{1}{60} \text{ h} \quad ; \quad 1 \text{ h} = 60 \text{ min} \quad ; \quad 1 \text{ h} = 3600 \text{ s} \quad ; \quad 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$30 \text{ s} = ? \text{ min} \qquad 36 \text{ s} = ? \text{ h} \qquad 2,5 \text{ h} = ? \text{ s}$$

$$30 \text{ s} = 30 \cdot \frac{1}{60} \text{ min} = 0,5 \text{ min} \quad ; \quad 36 \text{ s} = 36 \cdot \frac{1}{3600} \text{ h} = 0,01 \text{ h} \quad ; \quad 2,5 \text{ h} = 2,5 \cdot 3600 \text{ s} = 9000 \text{ s}$$

EQUIVALENZE CON UNITÀ DI MISURA DERIVATE:

$$2 \text{ m}^2 = ? \text{ cm}^2 \qquad 150 \text{ m}^2 = ? \text{ km}^2$$

$$2 \text{ m}^2 = 2 \cdot 10000 \text{ cm}^2 = 20000 \text{ cm}^2 \quad ; \quad 150 \text{ m}^2 = 150 \cdot 0,000001 \text{ km}^2 = 0,00015 \text{ km}^2$$

$$5 \text{ m}^3 = ? \text{ dm}^3 \qquad 100 \text{ cm}^3 = ? \text{ dam}^3$$

$$5 \text{ m}^3 = 5 \cdot 1000 \text{ dm}^3 = 5000 \text{ dm}^3 \quad ; \quad 100 \text{ cm}^3 = 100 \cdot 0,000001 \text{ dam}^3 = 0,0001 \text{ dam}^3$$

$$2,5 \text{ kW} = ? \text{ W} \qquad 120 \text{ daN} = ? \text{ N} \qquad 25 \text{ cJ} = ? \text{ J}$$

$$2,5 \text{ kW} = 2,5 \cdot 1000 \text{ W} = 2500 \text{ W} \quad ; \quad 120 \text{ daN} = 120 \cdot 10 \text{ N} = 1200 \text{ N} \quad ; \quad 25 \text{ cJ} = 25 \cdot 0,01 \text{ J} = 0,25 \text{ J}$$

$$72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = ? \frac{\text{m}}{\text{s}} \qquad 50 \frac{\text{cm}}{\text{min}} = ? \frac{\text{m}}{\text{s}} \qquad 3 \frac{\text{dm}}{\text{s}} = ? \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 72 \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad ; \quad 50 \frac{\text{cm}}{\text{min}} = 50 \frac{0,01 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 0,0083 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad ; \quad 3 \frac{\text{dm}}{\text{s}} = 3 \frac{0,0001 \text{ km}}{\frac{1}{3600} \text{ h}} = 1,08 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$80 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} = ? \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \qquad 2,7 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = ? \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$80 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} = 80 \frac{10}{100} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad ; \quad 2,7 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 2,7 \frac{1}{0,001} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$120 \frac{\text{J}}{\text{s}} = ? \frac{\text{daJ}}{\text{min}} \qquad 25 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{min}} = ? \frac{\text{cN} \cdot \text{hm}}{\text{s}}$$

$$120 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 120 \frac{0,1}{\frac{1}{60}} \frac{\text{daJ}}{\text{min}} = 720 \frac{\text{daJ}}{\text{min}} \quad ; \quad 25 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{min}} = 25 \frac{100 \cdot 0,01}{60} \frac{\text{cN} \cdot \text{hm}}{\text{s}} = 0,416 \frac{\text{cN} \cdot \text{hm}}{\text{s}}$$