

Grandezze fisiche e loro misura

- **Fisica** (dal greco → natura) è **scienza sperimentale** basata su esperimenti. Divisa in vari rami: meccanica, termodinamica, elettricità, magnetismo, etc
- Leggi fisiche unificano fenomeni diversi
- Le **grandezze fisiche sono definite operativamente**. Per misurarle devo fare una serie di operazioni. I **risultati devono essere riproducibili**. Vale a dire che se si esegue una misura della stessa grandezza si devono ritrovare **gli stessi risultati, compatibilmente con gli errori di misura stimati**
- **Importante anche nel Restauro sapere con che unità si sta lavorando e con che ordini di grandezza.**
- Spessori di strati di vernice, di cera, diluizioni di solventi, spessori di foglie d'oro, velocità di essicamento, etc
- Importante per lavorare con altri, fare acquisti etc

Grandezze fisiche e loro misura: Sistema Internazionale

Per poter rendere comprensibile l'esperimento (o semplicemente la misura) e poterlo eseguire in modo ripetibile anche in altri luoghi, per poter discutere il risultato con scienziati anche di altre lingue, è necessario definire con quali **unità di misura** l'esperimento viene eseguito.

Tali unità di misura devono poter essere disponibili o ricavabili da chiunque si cimenti in questi esperimenti. Da qui la necessità di definire in modo univoco alcune unità di misura di base da usare come **campioni primari** e da cui ricavare anche tutte le altre.

A tale scopo, è stato creato il **Sistema Internazionale** di unità di misura, più ufficialmente - in lingua francese - *Système International d'Unités* e abbreviato in **SI** che è il più diffuso tra i sistemi di unità di misura.

Le unità e gli altri elementi del SI vengono stabilite dalla **Conférence Générale des Poids et Mesures, CGPM**.

Oggi, il SI è basato su **sette unità fondamentali di misura** (lunghezza, tempo, massa, intensità di corrente elettrica, temperatura termodinamica, intensità luminosa, quantità di sostanza) dalle quali vengono ricavate tutte le altre unità di misura che sono dette unità derivate.

Il SI, inoltre, definisce una sequenza di prefissi da premettere alle unità di misura per identificare i loro multipli e sottomultipli.

Sistema Internazionale: convenzioni di scrittura

I **simboli** sono scritti in minuscolo, ad eccezione di quelli in cui l'unità di misura è eponima o derivi dal nome di una persona. Ad esempio il simbolo SI della pressione, dedicato a Blaise Pascal, è Pa, mentre l'unità di misura viene scritta pascal. L'unica eccezione è permessa per il litro dove è accettabile sia la l che la L.

È preferibile non usare il corsivo o il grassetto per i simboli, in modo da differenziarli dalle variabili matematiche e fisiche (ad esempio, m per la massa, l per la lunghezza).

Inserire uno spazio tra i numeri ed i simboli: 2,21 kg

Il SI usa gli spazi per separare le cifre intere in gruppi di tre. Ad esempio 1 000 000 o 342 142 (contrariamente alle virgole ed ai punti usati in altri sistemi: 1,000,000 o 1.000.000).

Il SI usa la virgola come separatore tra i numeri interi e quelli decimali come in "24,51". Nel 1997 ha concesso la possibilità di usare il punto, ma solo per i testi il cui linguaggio principale è l'inglese.

Il SI viene usato in ogni nazione ed, in alcune di esse, il suo uso è obbligatorio.

Anche per un restauratore è importante capire in che unità sta lavorando soprattutto se lavora in collaborazione con altri.

Grandezze fisiche e loro misura: Sistema Internazionale

Un esempio di cosa possa capitare se non vengono utilizzate unità di misura ben definite è dato dal caso del Mars Polar Lander.

[scarica il PDF](#)

Dossier: Alla conquista del Pianeta Rosso

Fallimenti a Stelle e Striscie

Dopo il grande successo del MGS e il fiasco russo, anche alla Nasa avrebbero fatto i conti con un serie di imbarazzanti fallimenti.



Nel dicembre del 1998, la Nasa lanciò il Mars Climate Observer, il primo satellite prettamente meteorologico progettato per orbitare stabilmente attorno a un pianeta. La sonda avrebbe dovuto lavorare in coppia con un'altra che sarebbe stata lanciata nel gennaio dell'anno successivo, la Mars Polar Lander.

Scopo di quest'ultima missione era quello di far sbarcare un lander in prossimità del polo settentrionale di Marte per studiare la composizione del ghiaccio marziano.

Al contrario del Pathfinder la sonda avrebbe utilizzato un sistema di frenamento del tipo utilizzato sui Viking in modo da poter atterrare sui suoi supporti. Per il resto utilizzava tecnologie molto simili alla navetta Pathfinder.

Il lander del 1999 aveva però anche un altro compito. A sostegno della missione sui ghiacci, al Jpl progettarono un secondo programma di studio, il Deep Space 2. Prima dell'atterraggio il lander, infatti, avrebbe rilasciato in caduta libera due palloni di piccole dimensioni, all'interno dei quali si trovavano due microsonde perforatrici che avrebbe dovuto eseguire una trivellazione del suolo marziano fino a una profondità di circa due metri.

Nessuno dei tre programmi ha avuto esito positivo. Anzi, il fallimento rasentò il ridicolo.

Il Climate Observer andò bruciato nell'atmosfera marziana a causa di un incredibile errore: mentre la società costruttrice della sonda aveva utilizzato il sistema metrico anglosassone, alla Nasa continuarono a utilizzare il Sistema Internazionale, al momento di leggere la spinta dei razzi per l'immissione in orbita invece di "libbre", come avevano fatto alla Lockheed Martin, furono letti "newton", con il risultato che al momento di dare la spinta alla sonda per l'inserimento nella giusta orbita, fu inserito un valore completamente sballato dirottando il Climate Observer su una orbita suicida.

Mars Climate Orbiter Team Finds Likely Cause Of Loss - Microsoft Internet Explorer fornito da Libero

http://mars.jpl.nasa.gov/mop2/news/moz290930.html

MARS POLAR LANDER

searching for water on mars

Sept. 30, 1999

MARS CLIMATE ORBITER TEAM FINDS LIKELY CAUSE OF LOSS

A failure to recognize and correct an error in a transfer of information between the Mars Climate Orbiter spacecraft team in Colorado and the mission navigation team in California led to the loss of the spacecraft last week, preliminary findings by NASA's Jet Propulsion Laboratory internal peer review indicate.

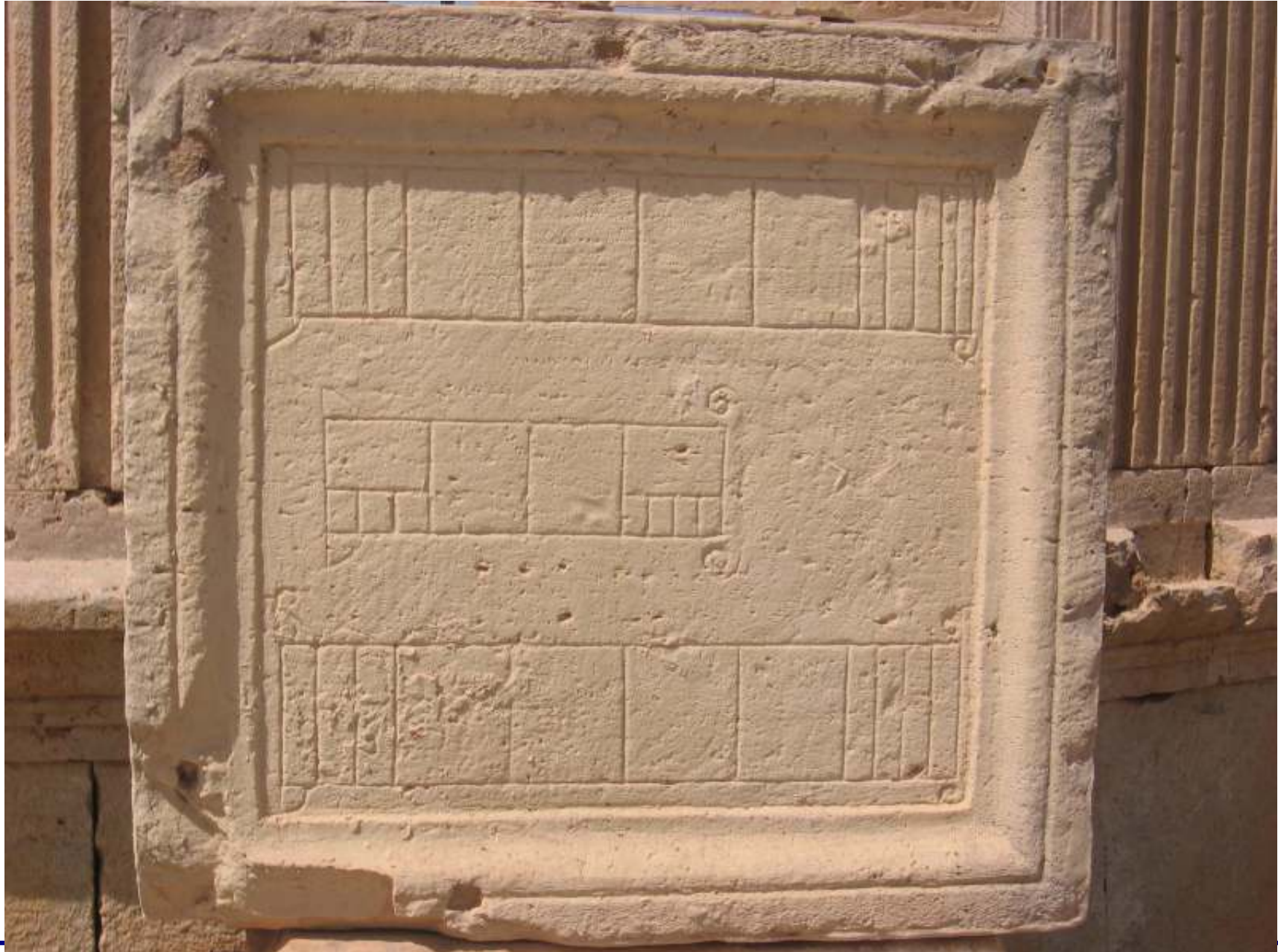
"People sometimes make errors," said Dr. Edward Weiler, NASA's Associate Administrator for Space Science. "The problem here was not the error, it was the failure of NASA's systems engineering, and the checks and balances in our processes to detect the error. That's why we lost the spacecraft."

The peer review preliminary findings indicate that one team used English units (e.g., inches, feet and pounds) while the other used metric units for a key spacecraft operation. This information was critical to the maneuvers required to place the spacecraft in the proper Mars orbit.

Sito della Nasa



FLACCVS NARCAEVS NEARELLIAN CALA
MENSVRAS EXAEQVANDAS EX DE GRECO



A. Romero

Sistema Internazionale

6

Sistema Internazionale: le unità di base

Grandezza	Nome	Simbolo	Definizione
Lunghezza	metro	m	"Il metro è la lunghezza del tragitto compiuto dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo di 1/299 792 458 di secondo"; è così fissata, per definizione, la velocità della luce in 299 792 458 m/s
Massa	kilogrammo	kg	"Il kilogrammo è l'unità di massa ed è eguale alla massa del prototipo internazionale"; il prototipo internazionale, cilindro di platino iridio, è conservato presso il BIPM (Bureau International des Poids et mesures)"
Tempo	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"
Intensità di corrente elettrica	ampere	A	"l'ampere è l'intensità di corrente elettrica che, mantenuta costante in due conduttori paralleli, di lunghezza infinita, di sezione circolare trascurabile e posti alla distanza di un metro l'uno dall'altro, nel vuoto, produrrebbe tra i due conduttori la forza di 2×10^{-7} newton per ogni metro di lunghezza"
Temperatura termodinamica	kelvin	K	"il kelvin è la frazione 1/273,16 della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua"; la temperatura termodinamica si indica con il simbolo T; il valore numerico della temperatura Celsius (indicata con t) in gradi celsius è data da: $t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15$.
Intensità luminosa	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} hertz e la cui intensità energetica in quella direzione è 1/683 watt allo steradiante"
Quantità di sostanza	mole	mol	"la mole è la quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12 (^{12}C). Le entità elementari devono essere specificate e possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, ecc., ovvero gruppi specificati di tali particelle", in questa definizione va inteso che gli atomi di ^{12}C sono non legati e nello stato fondamentale.

Sistema Internazionale: le unità di base

Dalla tabella precedente, si osserva che, per ragioni storiche, l'unica unità di base ad avere un prefisso è la massa.

In ogni nazione ci sono degli istituti metrologici che si occupano di conservare delle copie dei campioni primari. Tali istituti si occupano anche della taratura dei campioni secondari distribuiti a chiunque ne faccia richiesta.

I.N.R.I.M. (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica)



La massa campione



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto di Metrologia "Gustavo Colonnetti"

<http://www.imgc.to.cnr.it/>



Istituto Elettrotecnico Nazionale
**GALILEO
FERRARIS**

http://www.iem.it/index_i.shtml

Sistema Internazionale: le unità derivate

Le unità SI derivate si ottengono combinando tra loro le unità di base in monomi del tipo seguente: $m^\alpha \cdot kg^\beta \cdot s^\gamma \cdot A^\delta \cdot K^\epsilon \cdot mol^\xi \cdot cd^\eta$ con coefficiente numerico 1; gli esponenti α , β , γ , ecc sono numeri interi (compreso lo zero).

Ad esempio l'unità SI di volume è il metro cubo (simbolo m^3); l'unità della velocità è il metro al secondo (simbolo m/s o $m \cdot s^{-1}$), l'unità di quantità di moto è il metro per kilogrammo al secondo (simbolo $m \cdot kg/s$ o $m \cdot kg \cdot s^{-1}$).

Nel SI alcune di queste unità derivate, le più utilizzate, hanno un loro nome.



Orologio atomico al cesio (NIST)



Cubiti egiziani (1 cubito egiziano = 0,447 m)
Museo egizio di Torino

Sistema Internazionale: le unità derivate

Grandezza fisica	Nome Unità SI	Simbolo SI	Espressione in funzione di altre unità SI	Espressione in funzione delle unità SI fondamentali
Frequenza	hertz	Hz		s^{-1}
Forza	newton	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Pressione	pascal	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Energia, lavoro, quantità di calore	joule	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Potenza, flusso Energetico	watt	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Carica elettrica	coulomb	C		$s \cdot A$
Potenziale elettrico, tensione elettrica	volt	V	W/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^3 \cdot A^{-1}$
Capacità elettrica	farad	F	C/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Resistenza elettrica	ohm	Ω	V/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Conduttanza elettrica	siemens	S	A/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
Flusso d'induzione magnetica	weber	Wb	$V \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Induzione magnetica	tesla	T	Wb/m^2	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Induttanza	henry	H	Wb/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Flusso luminoso	lumen	Lm		$cd \cdot sr$
Illuminamento	lux	Lx	lm/m^2	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr$
Attività (di un radionuclide)	Becquerel	Bq		s^{-1}
Dose assorbita	gray	Gy	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
Equivalente di dose	sievert	Sv	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
Attività catalitica	katal	Kat	mol/s	mol/s

Sistema Internazionale: unità non SI ammesse

Alcune unità, pur essendo fuori dal Sistema Internazionale, sono entrate talmente nella vita di ogni giorno da non poter essere messe al bando. Si tratta di alcune unità di misura del tempo (giorno, ora, minuto), dell'angolo (grado, minuto, secondo di angolo) e di alcune altre indicate nella tabella. Tutte le altre unità non indicate nella tabella debbono essere abbandonate e sostituite con unità SI. Così si deve prendere l'abitudine di esprimere la potenza dei motori delle automobili in kilowatt e non in cavalli (si ricordi che 1 CV è eguale a 0,735499 kW) e la quantità di calore negli impianti termici in kilojoule anziché in grandi calorie (si ricordi che 1 Cal è eguale a 4186,8 kJ).

Nome	Simbolo	Valore in unità SI
minuto	min	1 min = 60 s
ora	h	1 h = 3600 s
giorno	d	1 d = 86400 s
grado sessagesimale	°	1° = $(\pi/180)$ rad
minuto di angolo	'	1' = $(1/60)^\circ = (\pi/10\ 800)$ rad
secondo di angolo	"	1" = $(1/60)'$ = $(\pi/648\ 000)$ rad
litro	l, L	1 l = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
tonnellata	t	1 t = 1000 kg
bar	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa

Sistema Internazionale: multipli e sottomultipli

Quando l'unità SI è troppo grande o troppo piccola per certe misurazioni, si possono usare suoi multipli o sottomultipli decimali. Per soddisfare le esigenze di tutti gli utilizzatori del sistema SI. La Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM) ha stabilito un certo numero di prefissi con nomi speciali. Il prefisso precede l'unità di misura con la quale forma il multiplo e sottomultiplo; non può essere usato da solo, né si possono usare due prefissi consecutivi. Si scriverà 1 nm e non 1 mmm. Il simbolo del prefisso è scritto con carattere diritto come il simbolo delle unità, non si lasciano spazi, né si interpone il punto tra i due simboli:

$$\text{Es. } 1000 \text{ V} = 10^3 \text{ V} = 1 \text{ kV}$$

$$\text{Es. } 0,001 \text{ s} = 10^{-3} \text{ s} = 1 \text{ ms}$$

Tra le unità SI di base l'unità di massa è la sola il cui nome contiene un prefisso, per ragioni storiche. I multipli e sottomultipli dell'unità di massa si formano aggiungendo i nomi del prefisso all'unità "grammo" ed il simbolo del prefisso al simbolo dell'unità "g". Esempio: $10^{-6} \text{ kg} = 1 \text{ mg}$ (un milligrammo) e non $1 \mu\text{kg}$ (un microkilogrammo).

Sistema Internazionale: multipli e sottomultipli

Quantità	Elevamento a potenza	Nome	Simbolo
1 000 000 000 000 000 000 000 000	=10 ²⁴	yotta	Y
1 000 000 000 000 000 000 000	=10 ²¹	zetta	Z
1 000 000 000 000 000 000	=10 ¹⁸	exa	E
1 000 000 000 000 000	=10 ¹⁵	peta	P
1 000 000 000 000	=10 ¹²	tera	T
1 000 000 000	=10 ⁹	giga	G
1 000 000	=10 ⁶	mega	M
1 000	=10 ³	kilo	k
100	=10 ²	etto	h
10	=10 ¹	deca	da

Sistema Internazionale: multipli e sottomultipli

Quantità	Elevamento a potenza	Nome	Simbolo
0,1	$=10^{-1}$	deci	d
0,01	$=10^{-2}$	centi	c
0,001	$=10^{-3}$	milli	mm
0, 000 001	$=10^{-6}$	micro	μ
0,000 000 001	$=10^{-9}$	nano	n
0,000 000 000 001	$=10^{-12}$	pico	p
0,000 000 000 000 001	$=10^{-15}$	femto	f
0,000 000 000 000 000 001	$=10^{-18}$	atto	a
0,000 000 000 000 000 000 001	$=10^{-21}$	zepto	z
0,000 000 000 000 000 000 000 001	$=10^{-24}$	yocto	y

Si osservi che lavorando con le potenze di 10 sulle unità di misura ci si sposta subito da numeri molto piccoli a numeri molto grandi.

Esempio

Tempo (anni) →



- Oggi: prime lezioni di fisica → 0 anni
- Crolla il muro di Berlino → $\approx 1,7 \cdot 10^1$ anni
- Inizio della rivoluzione russa → $\approx 10^2$ anni
- Medioevo: a Roma, Benedetto VII incorona imperatore Enrico II. → $\approx 10^3$ anni
- Inizia il neolitico
Lavorazione della ceramica, agricoltura e addomesticazione degli animali. → $\approx 10^4$ anni
- Paleolitico medio: uomo di Neandertal → $\approx 10^5$ anni
- Paleolitico inferiore: Homo Erectus
Scoperta del fuoco → $\approx 10^6$ anni
- Inizio del pliocene: scimmie antropomorfe → $\approx 10^7$ anni
- Cretaceo: dominio dei dinosauri → $\approx 10^8$ anni
- Proterozoico Algonkiano: cellule eucarioti → $\approx 10^9$ anni
- Nascita della Terra → $\approx 4.5 \times 10^9$ anni



Esempio

Lunghezza (m) →



- Distanza dalla galassia di Andromeda → $10^{22} m = 10 Zm$
- Distanza dal nucleo galattico → $2,5 \cdot 10^{20} m = 250 Em$
- Distanza da alfa centauri → $4 \cdot 10^{16} m = 40 Pm$
- Dimensione del sistema solare → $7,4 \cdot 10^{12} m = 7,4 Tm$
- Diametro del sole → $1,4 \cdot 10^9 m = 1,4 Gm$
- Diametro della Terra → $1,2 \cdot 10^7 m = 12 Mm$
- Altezza del più alto monte → $8,8 \cdot 10^3 m = 8,8 km$
- Dimensione umana → $1,7 m$
- Dimensione di una coccinella → $5 \cdot 10^{-3} m = 5 mm$
- Dimensione di un capello o degli strati di pittura che voi prelevate → $8 \cdot 10^{-5} m = 80 \mu m$
- Dimensione dei più piccoli transistor → $5 \cdot 10^{-8} m = 50 nm$
- Dimensione di un atomo → $10^{-10} m = 100 pm$
- Dimensione di un protone → $10^{-15} m = 1 fm$
- Dimensione di un quark → $10^{-18} m = 1 am$