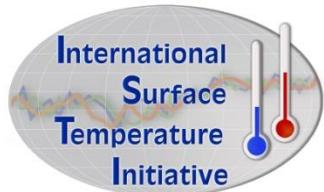
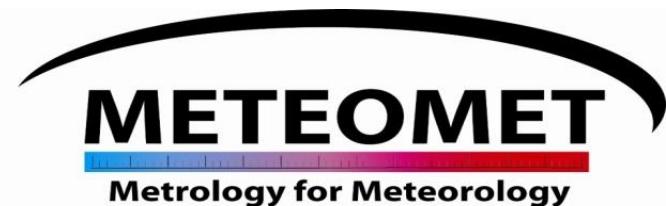


Corretta terminologia nella comunicazione scientifica scritta e parlata

Andrea
Merlone

Andrea Merlone

Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica



BIPM – CCT WG Environment chair
EURAMET TG Environment chair
IMEKO TC 12 Scientific Secretary
MeteoMet coordinator
Co-chair ISTI

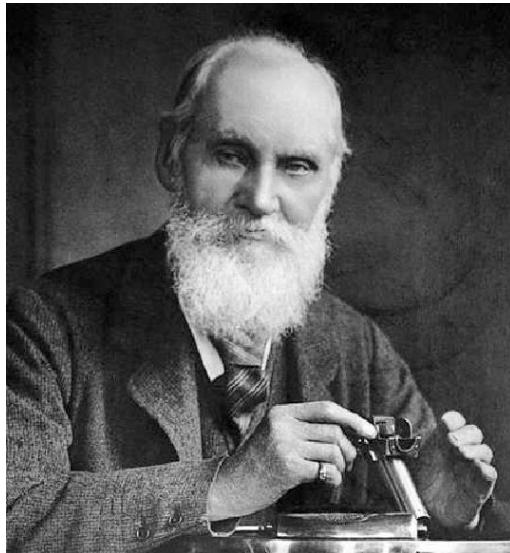


WMO Measurement Uncertainties chair



Metrologia: la scienza delle misure

La misura, risultato di un'osservazione o misurazione, è la via adottata dagli umani per comprendere la natura che ci circonda.



William Thompson (Kelvin) (1892 b. C.)

Quando si può misurare ciò di cui si parla e lo si può esprimere in numeri, allora si sa qualcosa di esso;

ma se non lo si può misurare ed esprimere in numeri la sua conoscenza rimane scarsa e insoddisfacente.

Misurare =

valutare un rapporto tra un oggetto / fenomeno e un campione di riferimento

La misura è un confronto numerico tra il valore di una quantità (il misurando), ottenuto da un processo di misurazione, rispetto a un campione di riferimento.

La misura è un confronto numerico tra il valore di una quantità (il misurando), ottenuto da un processo di misurazione, rispetto a un campione di riferimento.

L'utilizzo di campioni comuni è la condizione per garantire la confrontabilità di misure e osservazioni.

Perché misuro?

Cosa misuro?

Con cosa misuro?

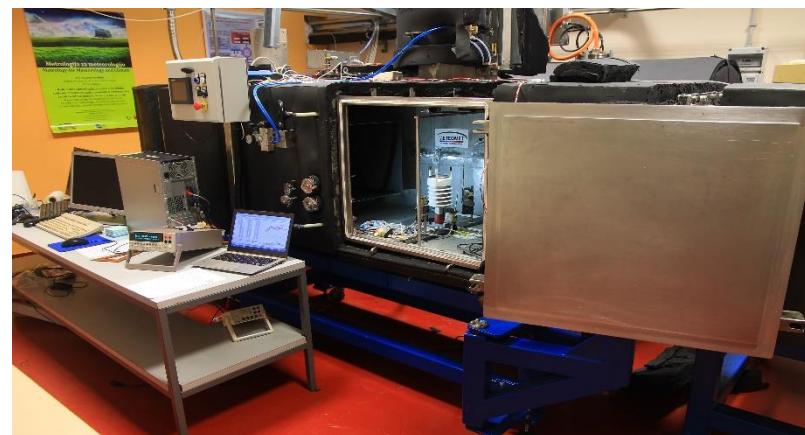
Come misuro?

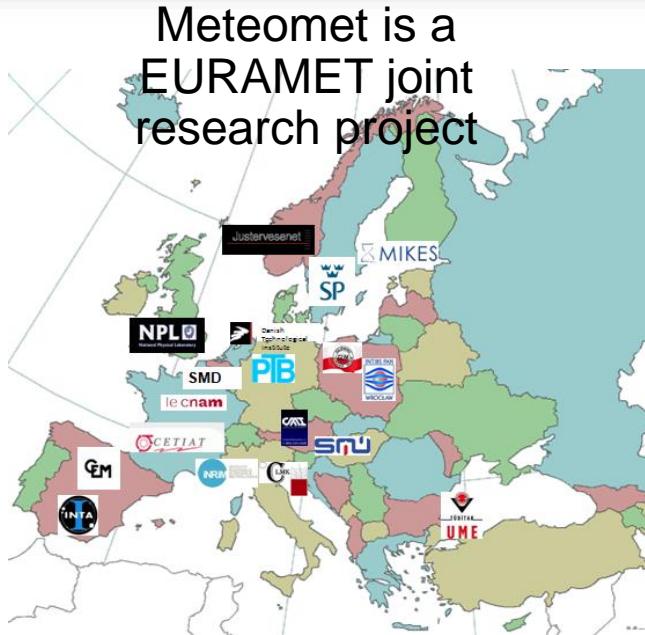
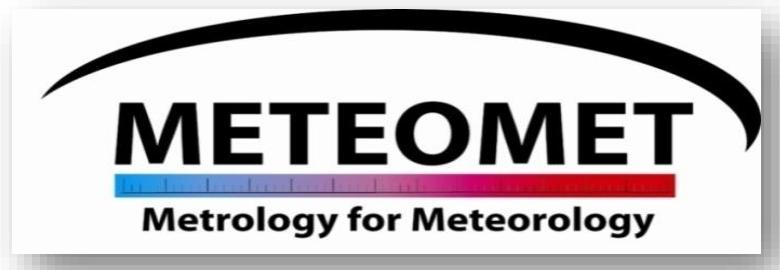
La metrologia aiuta a chiarire.

So cosa voglio sapere?

Con che certezza mi occorre saperlo?







2011 -> 2017 -> 2023

11 M€ Budget

300 Deliverables

960 Man months

(80 years!)

**MeteoMet is the
larger EURAMET consortium**

24 National Institutes of Metrology

12 Universities

13 Research centers

9 Instrument Companies

12 Meteo agencies



Applied thermodynamics at INRiM

Earth Dynamics Direct Investigation Experiment

EDDIE Chamber

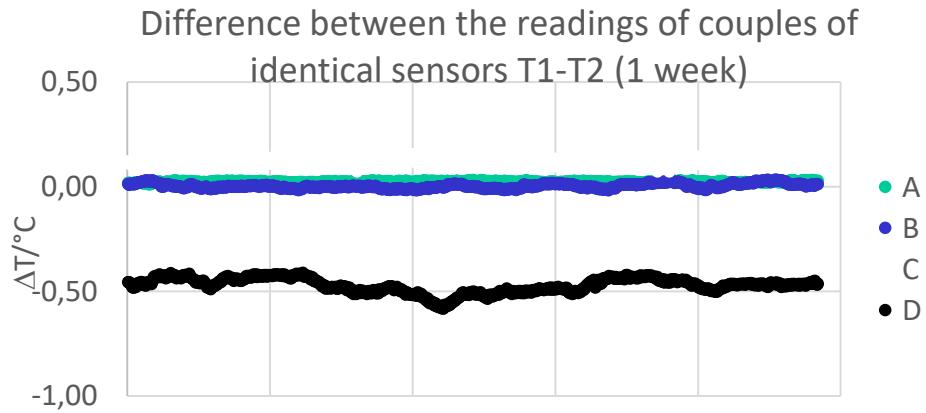
- **Temperature** control within 0.05 °C between -40 °C and 50 °C,
- **Pressure** control within 100 Pa between 75 kPa and 110 kPa.
- **Humidity** sensor calibration by comparison in the range 5 %rh to 98 %rh, (0.3%rh to 0.7 %rh uncertainty).
- **Wind speeds** up to 30 m/s in the test volume



3) Laboratory for characterisation of sensors and complete systems (in cooperation with IRPI – CNR)

Study of the different dataloggers,
evaluation of best mounting
solutions.

Evaluations of difference between
couples of sensors, including
shields, in a controlled environment
with slow temperature change.



Climate Data Quality Lab at IRPI

Siting experiments for the new WMO guide No. 8



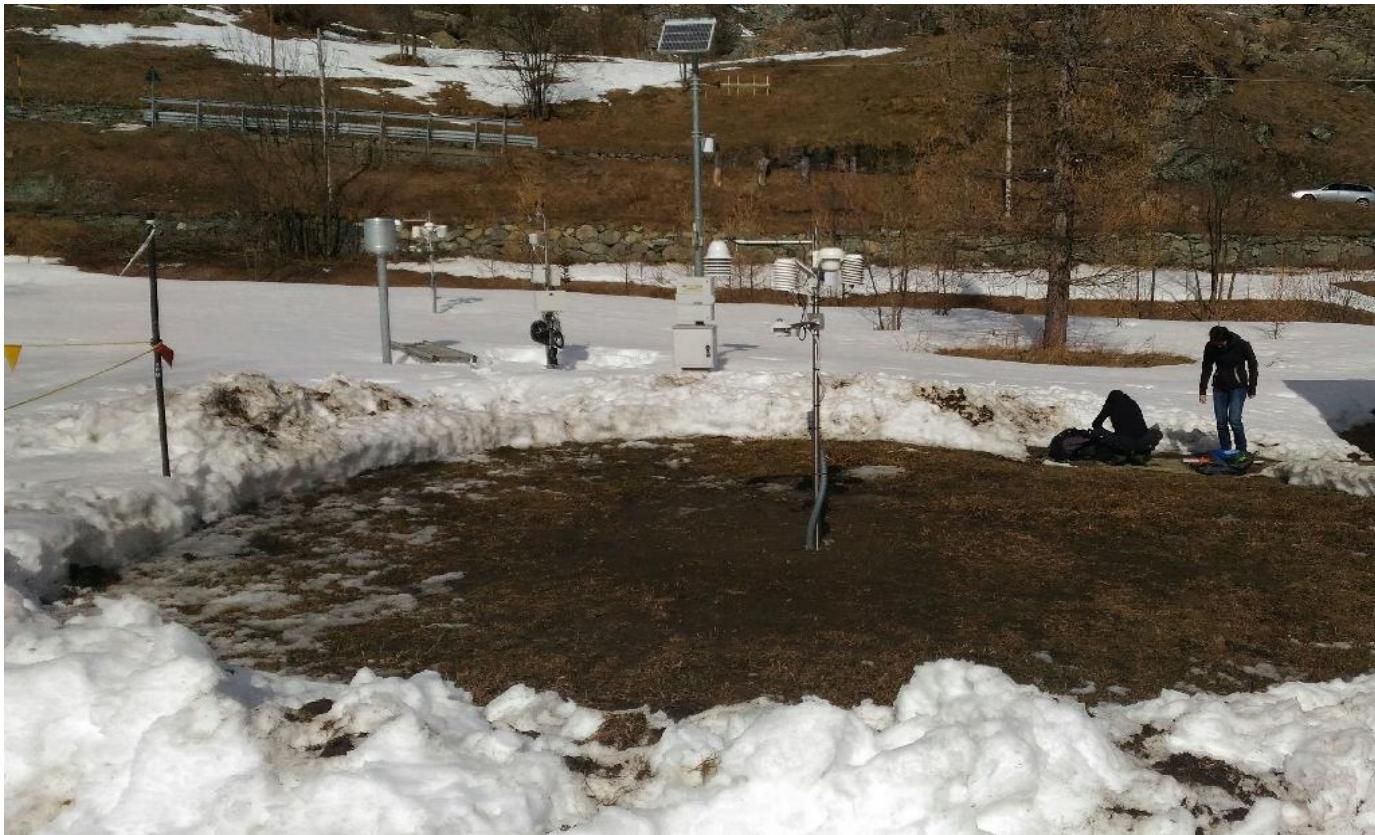
Road (INRiM - IMBiH)



Trees (CMI)



Buildings (CEM)



The albedo as a correction and a component of uncertainty for temperature measurements

Uncertainty study in 2015

**Construction of a field experiment
in 2016**

Results 2020 - 2021





Influence of rain on thermometers (DTI)

When rain starts, air temperature decreases.

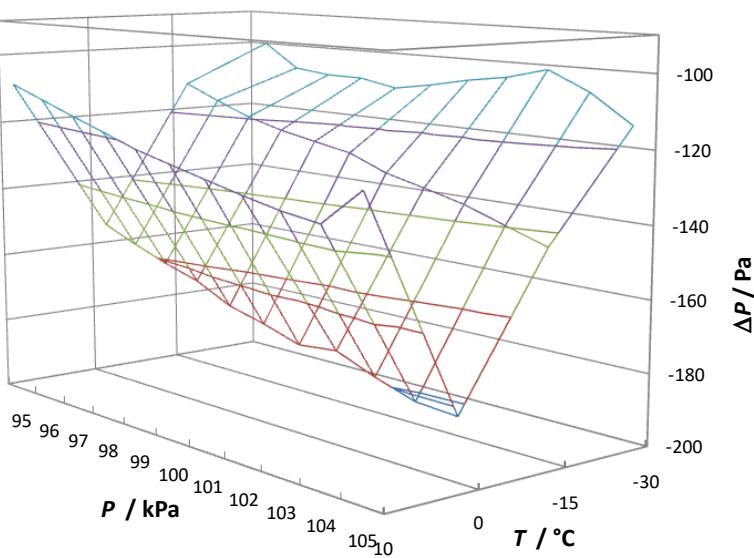
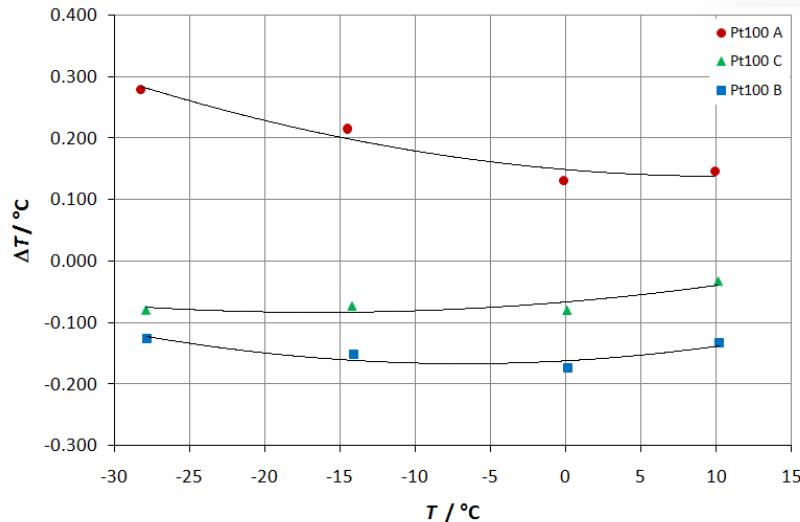
Drops of rain are colder than the air.

Convection, then conduction cause extra cooling (errors) in temperature measurements.



Transportable calibration facilities for ice, soil, water and air thermometers and barometers.





Calibration curves

$$T_c(T) = T - \Delta T(T) = T + a + bT + cT^2$$

Uncertainty contribution	PT100 A	PT100 B	PT100 C
Temperature reference	0.011 °C	0.011 °C	0.011 °C
Chamber uniformity	0.006 °C	0.009 °C	0.019 °C
Sensor under calibration	0.007 °C	0.008 °C	0.014 °C
Calibration curve	0.026 °C	0.017 °C	0.018 °C
Standard Uncertainty	0.029 °C	0.022 °C	0.026 °C
Expanded Uncertainty (k=2)	0.058 °C	0.044 °C	0.052 °C

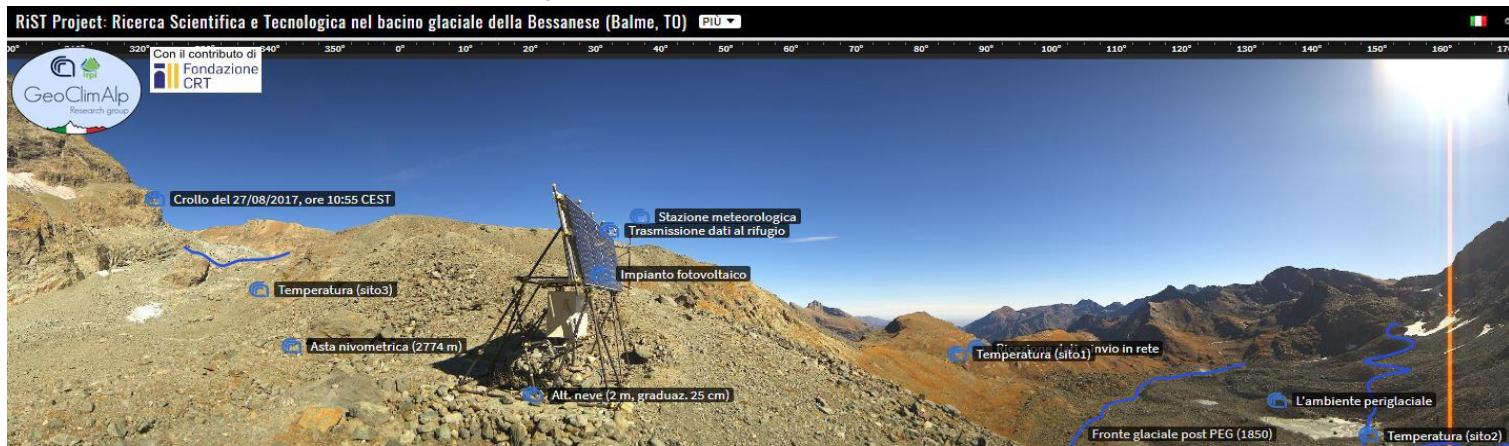
$$P_c(P, T) = P + a + bP + cT + dPT + eT^2$$



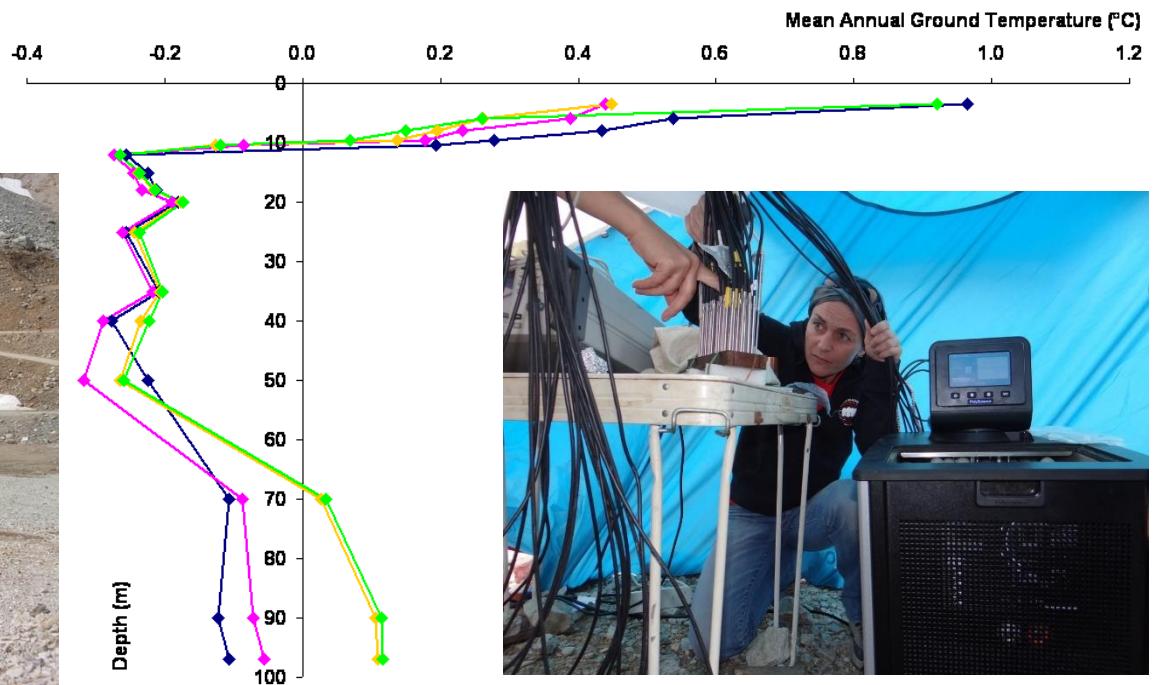
Bessanese Basin – IRPI CNR & INRiM)

An open site laboratory to test instruments and technology for cryosphere observations

Measurement uncertainty field evaluation



July 2017, August 2018, September 2020. Permafrost monitoring. A metrology lab at 3000 m





A new calibration laboratory in Ny-Ålesund May 2017

Seminar on metrology for Arctic Environmental research

New Metrology lab visit



2018 metrology at CCT



Campioni unici, universali, comuni e condivisi

Un sistema di unità razionale, decimale, universale

Mutuo riconoscimento di certificati di misura e taratura

Applicazioni multidisciplinari (fisica, ingegneria, bio...)

Validità scientifica, medica, tecnica, commerciale, legale...

Singole unità per ogni uso (es. da nanotecnologia ad astronomia, passando per edilizia, sartoria, microelettronica, GPS)

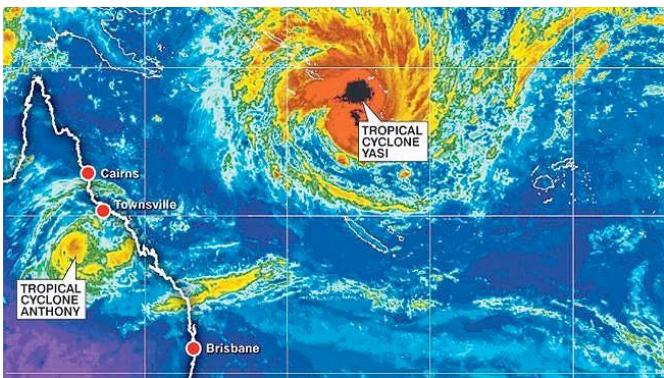
Libera realizzazione di riferibilità (se coerente e documentata)

Confronti continui nazionali e mondiali

Adozione di terminologia univoca e comune

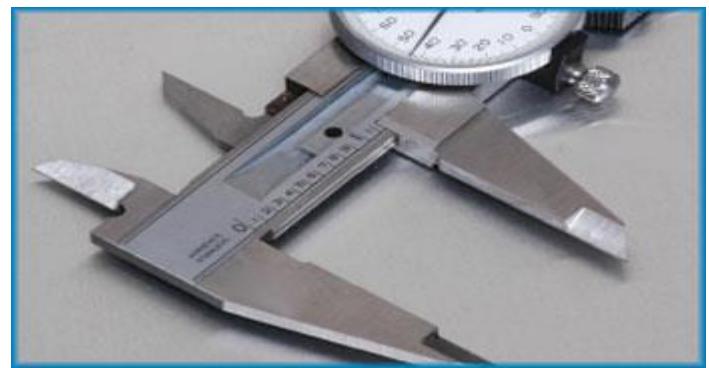
Meteorology

Meteorology is the interdisciplinary scientific study of the atmosphere.



Metrology

Metrology is the science of measurements



Meteorology

In people's view...



Metrology

In people's view...



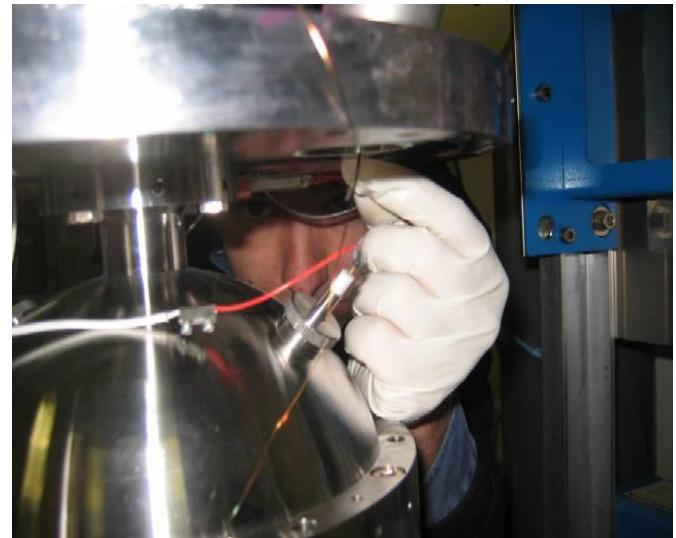
Meteorology

In people's view...



Metrology

In people's view...



Meteorology



Geneve - Swiss

Founded (as IMO) in 1873

Metrology



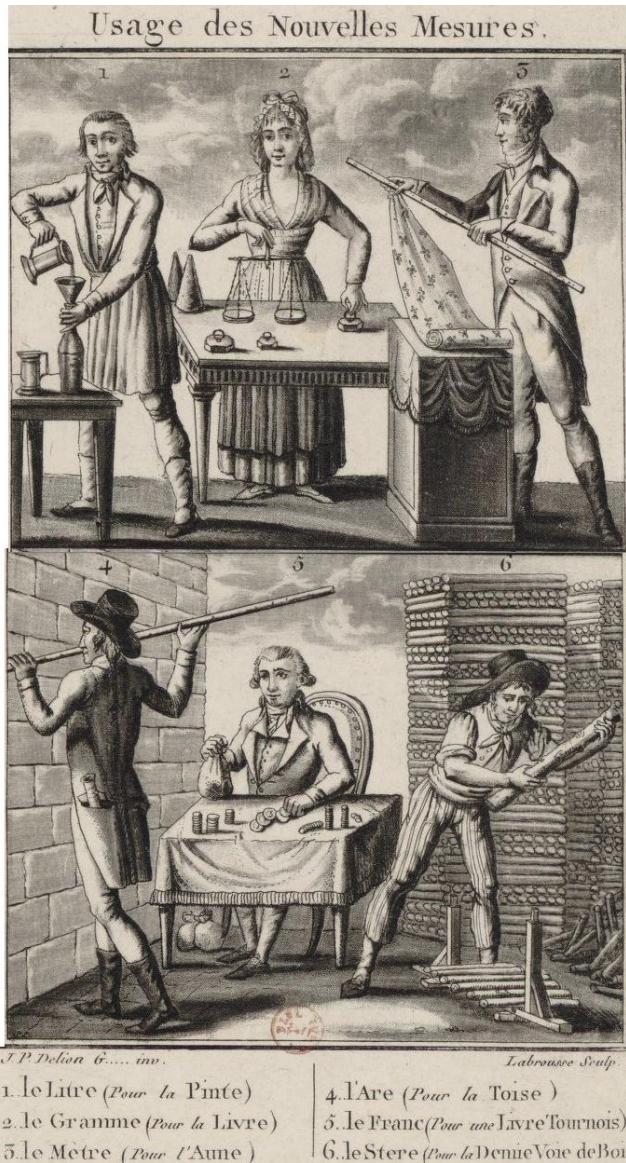
Sevres - France

Convention of the metre in 1875

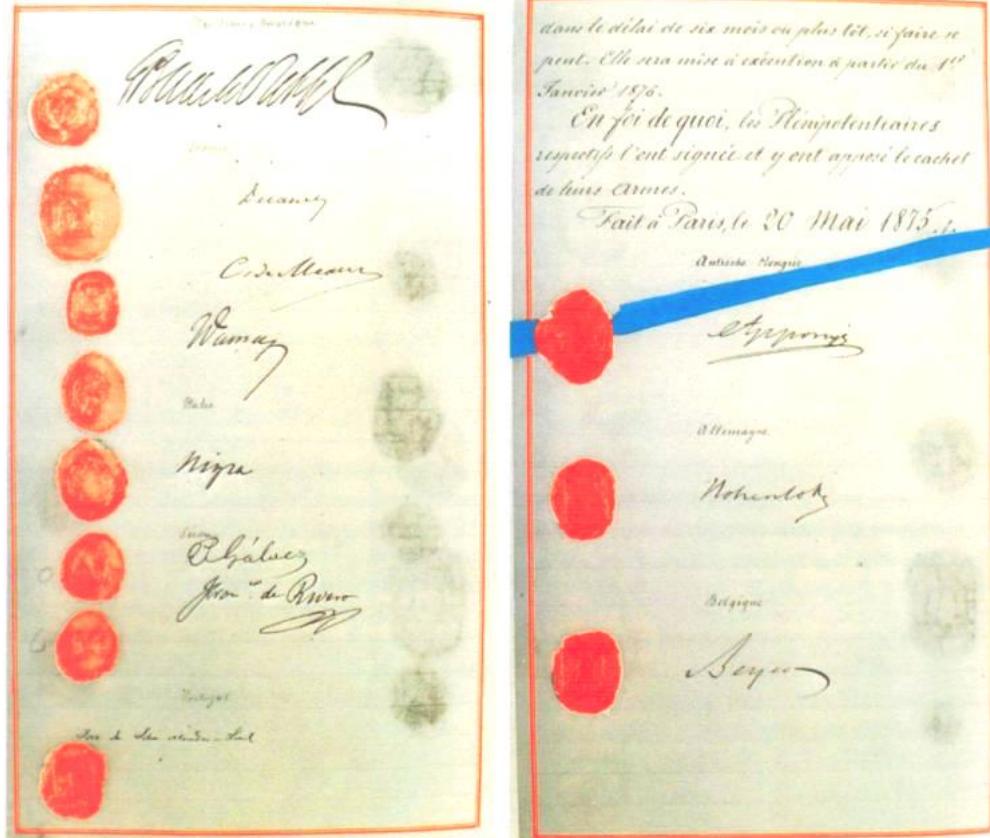


Campioni universali

Gli scienziati, gli illuministi ed i capi della Rivoluzione Francese, preso atto dell'insostenibilità della situazione, che ostacolava seriamente sia l'economia sia il nascente progresso scientifico, hanno dato inizio alla seconda fase della metrologia, che è consistita nel cercare di derivare ogni campione di unità di misura da qualcosa di razionale, unico, invariante ed accessibile ad ogni popolazione umana.



La Convenzione del Metro è il trattato internazionale sottoscritto da 17 stati il 20 maggio 1875 che ha stabilito le linee da seguire per la determinazione delle unità di misura valide internazionalmente.



Metrology

Convention du Mètre



Member States

- Argentina (1877)
- Australia (1947)
- Austria (1875 as Austria-Hungary)
- Belgium (1875)
- Brazil (1921)
- Bulgaria (1911)
- Cameroon (1970)
- Canada (1907)
- Chile (1908)
- China (1977)
- Croatia (2008)
- Czech Republic (1922 as part of Czechoslovakia)
- Denmark (1875)
- Dominican Republic (1954)
- Egypt (1962)
- Finland (1923)
- France (1875)
- Germany (1875)
- Greece (2001)
- Hungary (1925)
- India (1957)
- Indonesia (1960)
- Iran (1975)
- Ireland (1925)
- Israel (1985)
- Italy (1875)
- Japan (1885)
- Kazakhstan (2008)
- Kenya (2010)
- Malaysia (2001)
- Mexico (1890)
- Netherlands (1929)
- New Zealand (1991)
- North Korea (1982)
- Norway (1875 as part of Sweden and Norway)
- Pakistan (1973)
- Poland (1925)
- Portugal (1876)
- Romania (1884)
- Russia (1875 as the Russian Empire)
- Saudi Arabia (2011)
- Serbia (2001)
- Singapore (1994)
- Slovakia (1922 as part of Czechoslovakia)
- South Africa (1964)
- South Korea (1959)
- Spain (1875)
- Sweden (1875 as part of Sweden and Norway)
- Switzerland (1875)
- Thailand (1912)
- Tunisia (2012)
- Turkey (1875)
- United Kingdom (1884)
- United States (1878)
- Uruguay (1908)
- Venezuela (1879)

Associates

At its 21st meeting (October 1999), the CGPM created the category of "associate" for those states not yet members of the BIPM and for economic unions.^[40]

- Albania (2007)
- Bangladesh (2010)
- Belarus (2003)
- Bolivia (2008)
- Bosnia and Herzegovina (2011)
- Botswana (2012)
- Caribbean Community (2005)
- Chinese Taipei (2002)
- Costa Rica (2004)
- Cuba (2000)
- Ecuador (2000)
- Estonia (2005)
- Georgia (2008)
- Ghana (2009)
- Hong Kong (2000)
- Jamaica (2003)
- Latvia (2001)
- Lithuania (2001)
- Macedonia (2006)
- Malta (2001)
- Mauritius (2010)
- Montenegro (2011)
- Namibia (2012)
- Oman (2012)
- Panama (2003)
- Paraguay (2009)
- Peru (2009)
- Philippines (2002)
- Moldova (2007)
- Seychelles (2010)
- Slovenia (2003)
- Sri Lanka (2007)
- Syria (2012)
- Ukraine (2002)
- Vietnam (2003)
- Zambia (2010)
- Zimbabwe (2010)

International Organisations

The following international organisations have signed the CIPM MRA:

- International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria (1999)
- Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM), Geel, Belgium (1999)
- **World Meteorological Organization (WMO), Geneva, Switzerland (2010)**
- European Space Agency (ESA), Paris, France (2012)

Did you know?...

New SI in 2019. Based on fundamental constants.

Last values submission to CODATA: **01 July 2017**

Adoption of new values: CGPM **2018**

Adoption of new definitions: 20 May 2019

Further, the definitions of all seven base units of the SI will also be uniformly expressed using the explicit-constant formulation, and specific ***mises en pratique*** will be drawn up to explain the **realization** of the definitions of each of the base units in a **practical way**.

<https://www.bipm.org/utils/en/pdf/CGPM/Draft-Resolution-A-EN.pdf>



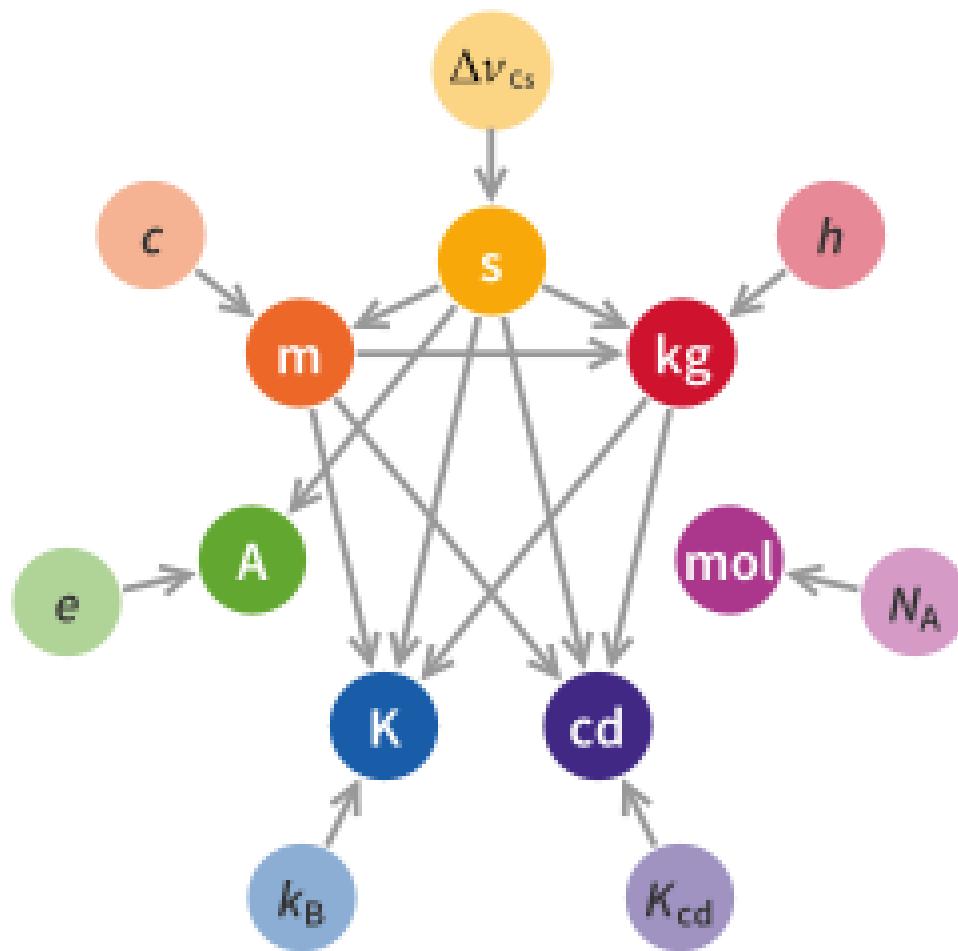
The (new) SI will be the system of units in which:

- the ground state hyperfine splitting frequency of the caesium 133 atom ($^{133}\text{Cs}_{\text{hfs}}$) is exactly 9 192 631 770 Hz,
- the speed of light in vacuum c is exactly 299 792 458 m/s,
- the Planck constant h is exactly $6.626\ 070 \times 10^{-34}$ J s
- the elementary charge e is exactly $1.602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ C,
- the Boltzmann constant k_B is exactly $1.380\ 649 \times 10^{-23}$ J/K
- the Avogadro constant N_A is exactly $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ mol $^{-1}$,
- the luminous efficacy K_{cd} of monochromatic radiation of frequency 540×10^{12} Hz is exactly 683 lm/W,

The SI is the system of units in which the following constants have these exact values.

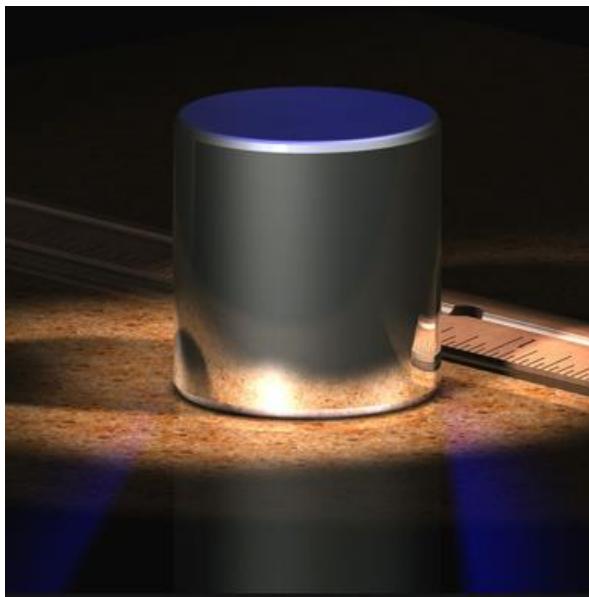
Symbol	Base Unit	Constant	Numerical Value	Unit
$\Delta\nu_{Cs}$	second	the unperturbed ground state hyperfine transition frequency of the caesium 133 atom	9 192 631 770	Hz
c	metre	the speed of light in vacuum	299 792 458	m s^{-1}
h	kilogram	the Planck constant	$6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$	J s
e	Ampere	the elementary charge	$1.602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$	C
k	Kelvin	the Boltzmann constant	$1.380\ 649 \times 10^{-23}$	J/K
N_A	mole	the Avogadro constant	$6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$	mol^{-1}
K_{cd}	candela	the luminous efficacy of monochromatic radiation of frequency 540×10^{12} hertz	683	Im/W.





Kilogram

- The kilogram can then be realized by any suitable method, (for example the Kibble (watt) balance or the Avogadro (X-ray crystal density) method).. The value of the Planck constant will be chosen to ensure that there will be no change in the SI kilogram at the time of redefinition. The uncertainties offered by NMIs to their calibration customers will be broadly unaffected.



Kelvin

Old definition of the kelvin.

The kelvin, symbol K, is the fraction 1/273.16 of the thermodynamic temperature of the triple point of water.



New definition of the kelvin.

The kelvin, symbol K, is the SI unit of thermodynamic temperature; its magnitude is set by fixing the numerical value of the Boltzmann constant to be equal to exactly $1.380\ 649 \times 10^{-23}$ when it is expressed in the SI base unit $\text{s}^{-2}\ \text{m}^2\ \text{kg}\ \text{K}^{-1}$, which is equal to $\text{J}\ \text{K}^{-1}$ where the kilogram, metre and second are defined in terms of h , c and $\Delta\nu_{\text{Cs}}$



Fundamental Metrology



Fundamental Metrology

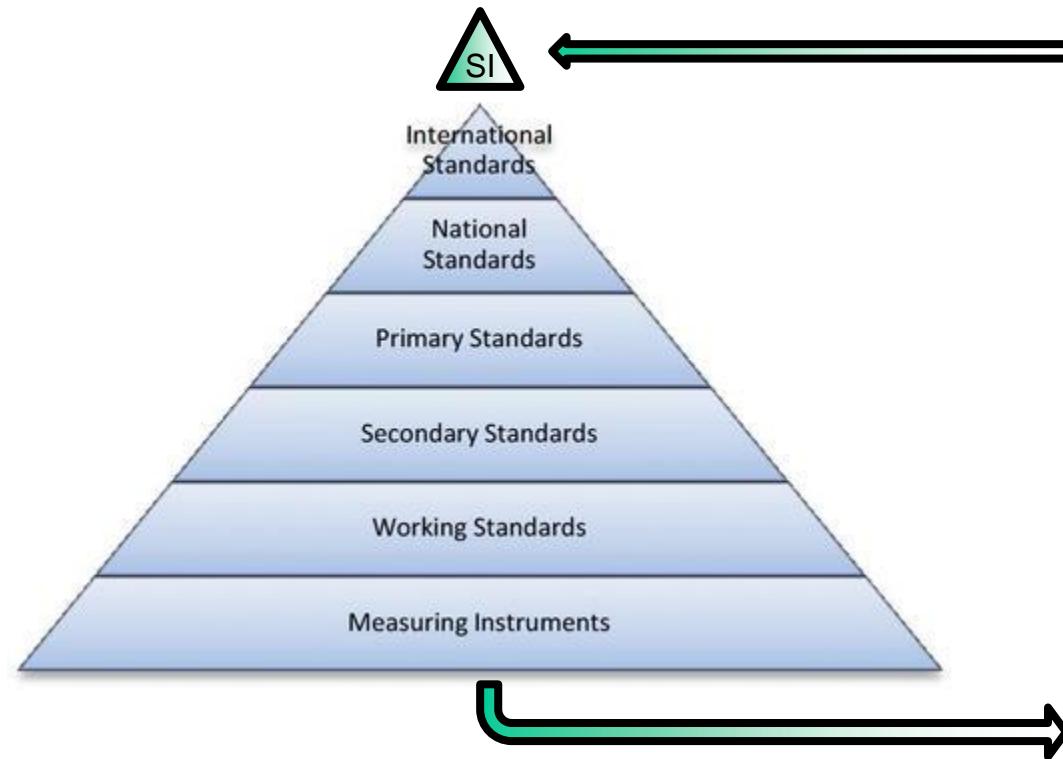


Applied Metrology

Traceability

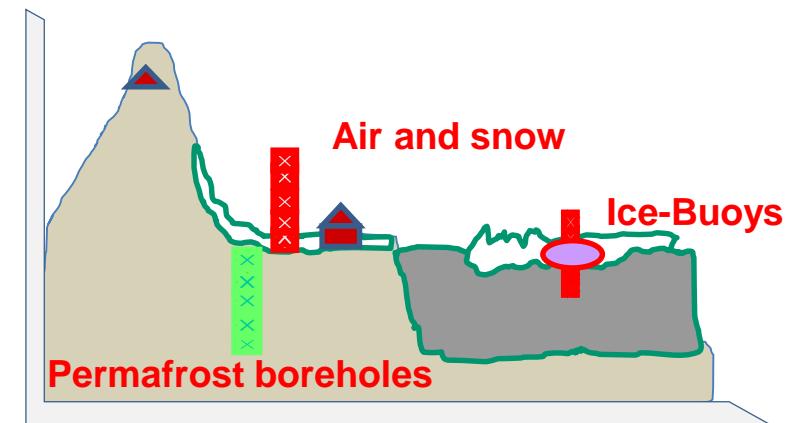
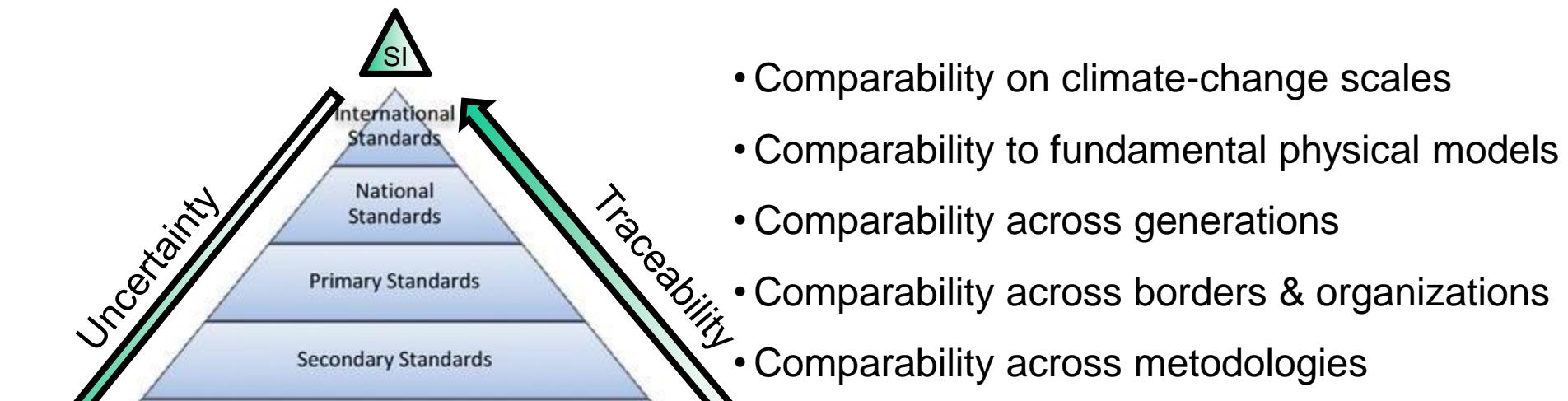


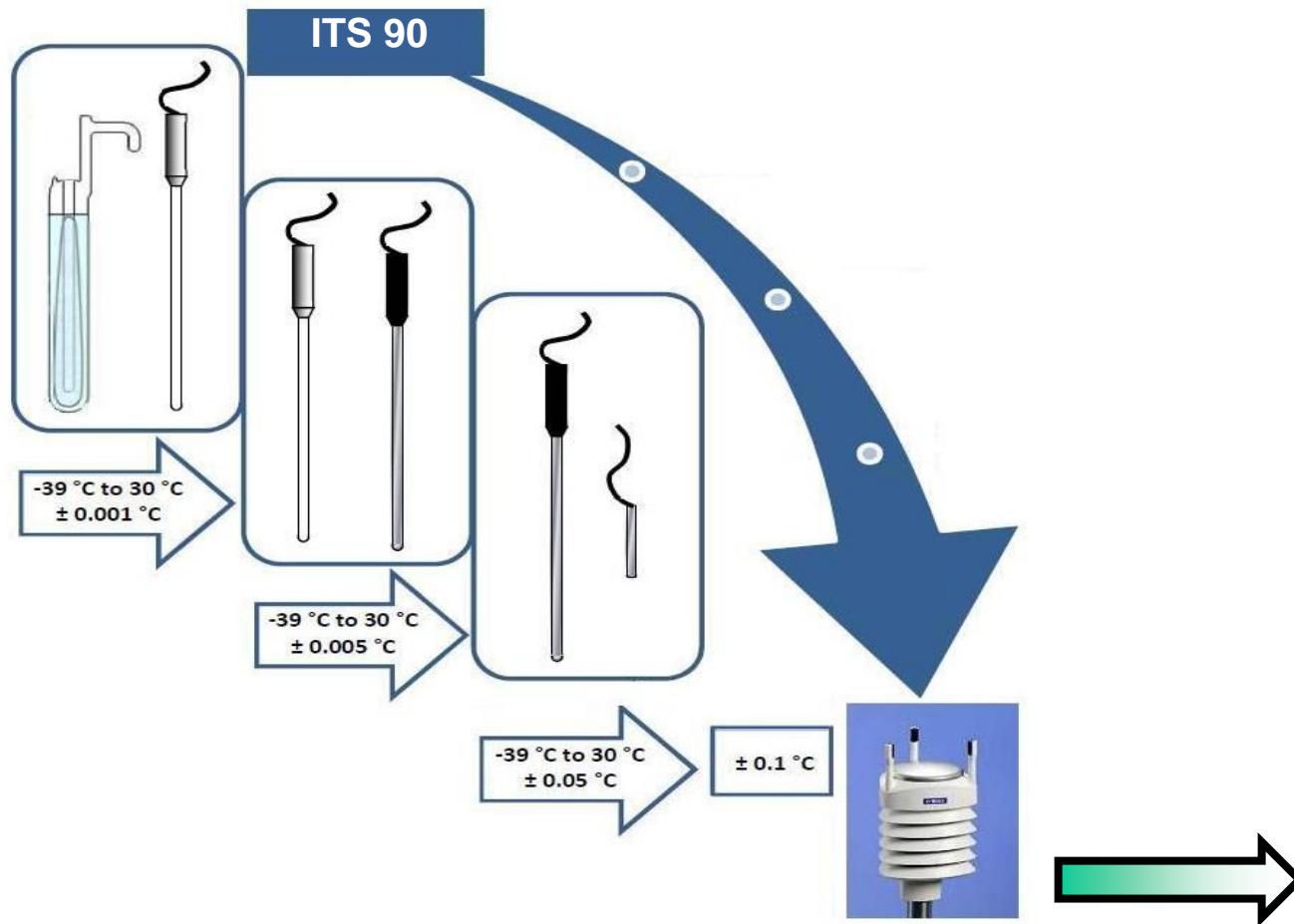
Fundamental Metrology



Applied Metrology

Traceability is required to reach full comparability





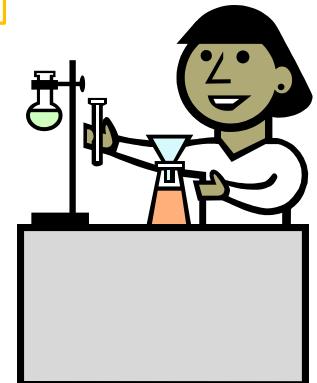
Taratura

La riferibilità di una misura è una caratteristica che viene acquisita attraverso la taratura dello strumento

TARATURA

Insieme delle operazioni che stabiliscono, sotto condizioni specificate, la relazione tra i valori indicati da uno strumento di misurazione, e i corrispondenti valori noti di un misurando. [VIM 6.11]

Calibrazione
deriva dall'inglese “*calibration*” (= taratura)
e non deve essere usato.



Stabilisce la riferibilità delle letture dello strumento a campioni SI

Permette di valutare derive strumentali attraverso ripetizione di tarature ad intervalli specifici (dipendenti da qualità e condizioni di utilizzo dello strumento)

Genera curva di taratura (normalmente in termini di curva di correzione)

Fornisce incertezza di taratura, quale parametro fondamentale del bilancio totale

E' prerequisito fondamentale per valutare l'incertezza di misura

E' prescrizione di garanzia attraverso certificato di taratura

Corregge gli errori strumentali.

Se eliminiamo tutti gli errori, il risultato di una misurazione risulterà univoco (quindi perfetto)?

INCERTEZZA

Uncertainty:

a logical doubt

*about our limits to know the
true*

La parola “incertezza” significa dubbio
circa la totale validità dei risultati di una misurazione

La parola “incertezza” significa dubbio circa la totale validità dei risultati di una misurazione

Avere dubbi è un fattore positivo per l'avanzamento della conoscenza.

La parola “incertezza” significa dubbio
circa la totale validità dei risultati di una misurazione

Avere dubbi è un fattore positivo per l'avanzamento della conoscenza.

Solo la religione si basa su dogmi non dubitabili e sulla fede cieca!

La nostra cultura fa fatica ad
accettare la coesistenza
dell'incertezza con la necessità
di decidere senza possibilità di
dubbio, senza esitazione.

L'incertezza nelle misure è oggi ben più di un concetto; la stima del suo valore si basa su una procedura di calcolo codificata da una norma internazionale.

Two key documents on terminology published by JCGM: GUM and VIM



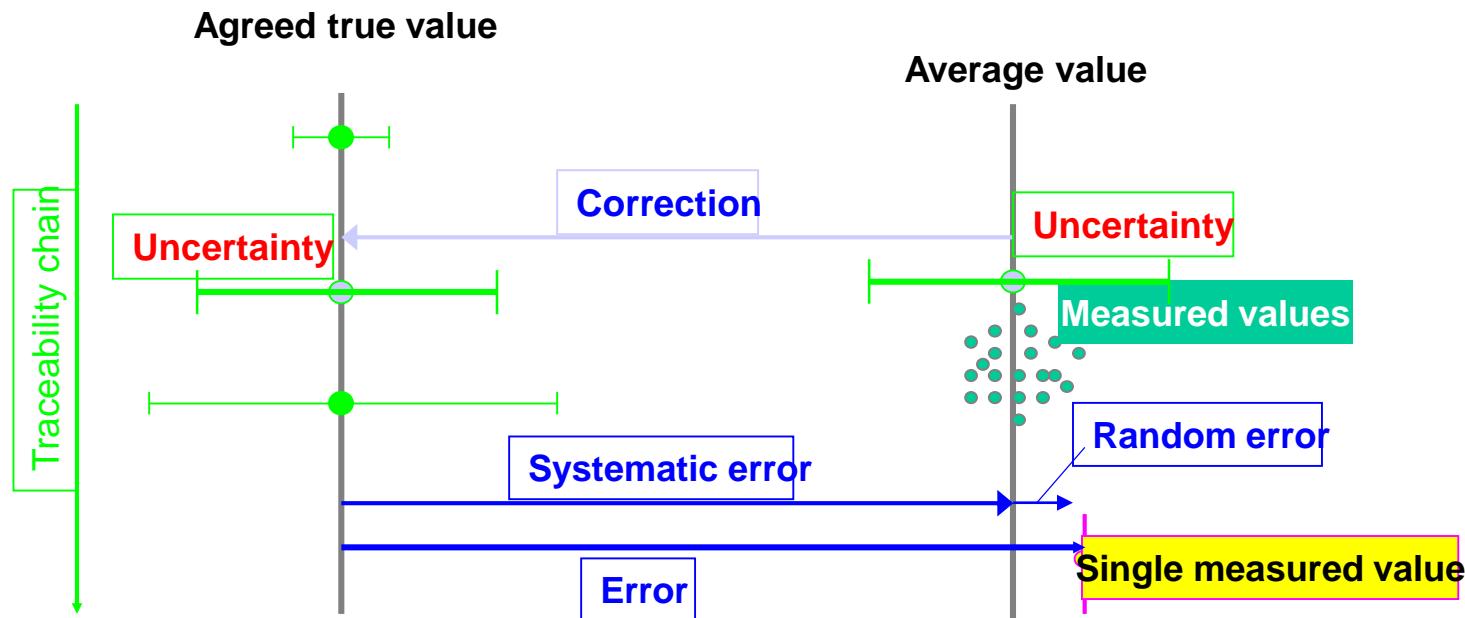
Guide to the expression of uncertainty in measurement

aka the “GUM”

Incertezza di misura = parametro associato al risultato di una misurazione, che caratterizza la dispersione dei valori ragionevolmente attribuibili al misurando

Incertezza di misura: stima caratterizzante il campo di valori entro i quali cade il valore più probabile del misurando

A visual scheme for error and uncertainty



Fonti di incertezza

1. **Strumento di misura**: deriva, invecchiamento, rumore, risoluzione, distorsioni dovute all'operatore
2. **Misurando**: definizione incompleta, variabile nel tempo
3. **Processo di misura**: uso di approssimazioni ed ipotesi semplificative, uso di costanti o altri parametri da fonti esterni adoperati nell'algoritmo di elaborazione dati
4. **condizioni ambientali**: temperatura, pressione, umidità possono influire sulla risposta degli strumenti o sul misurando
5. **campionatura**: le misure non sono rappresentative del misurando
6. Incertezza di **taratura**

Non è incertezza....

1. Errori dell'operatore. Devono essere evitati!
2. Tolleranza - intervallo entro il quale può cadere il valore della caratteristica del prodotto affinché mantenga funzionalità

2.3.1 standard uncertainty

uncertainty of the result of a measurement expressed as a standard deviation

2.3.2 Type A evaluation (of uncertainty)

method of evaluation of uncertainty by the statistical analysis of series of observations

2.3.3 Type B evaluation (of uncertainty)

method of evaluation of uncertainty by means other than the statistical analysis of series of observations

2.3.4 combined standard uncertainty

standard uncertainty of the result of a measurement when that result is obtained from the values of a number of other quantities, equal to the positive square root of a sum of terms, the terms being the variances or covariances of these other quantities weighted according to how the measurement result varies with changes in these quantities

2.3.5

expanded uncertainty

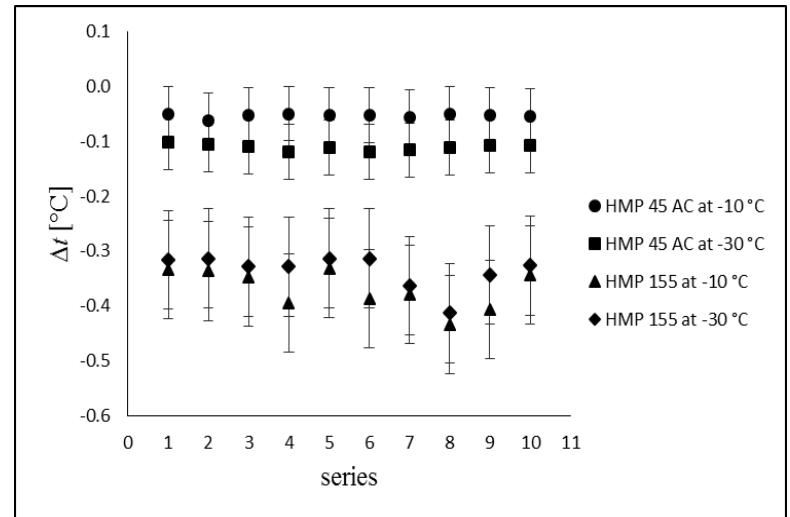
quantity defining an interval about the result of a measurement that may be expected to encompass a large fraction of the distribution of values that could reasonably be attributed to the measurand

Uncertainty

...dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand

The uncertainty is evaluated by completing the uncertainty budget

Type A uncertainties: Statistical
Type B: all the rest



x_i	$u(x_i)$ [°C]	
	HMP 155	HMP 45 AC
Components derived from the reference thermometer	$5.12 \cdot 10^{-3}$	$5.02 \cdot 10^{-3}$
Components derived from measurement system	$1.27 \cdot 10^{-2}$	$1.27 \cdot 10^{-2}$
Components derived from meteorological thermometer	repeatability	$3.47 \cdot 10^{-2}$
	resolution	$4.04 \cdot 10^{-3}$
	reproducibility	$1.40 \cdot 10^{-2}$
	hysteresis	$2.00 \cdot 10^{-2}$
$u(x) = (\sqrt{\sum u^2(x_i)})^{1/2}$		$4.45 \cdot 10^{-2}$
$U(x) = 2 \cdot u(x)$		0.090 °C
		0.050 °C

In sintesi

1. Definire il processo di misura e identificare le fonti di incertezza
2. **Valutare** ciascun contributo di incertezza
3. Calcolo del budget totale d'incertezza
4. Espandere il risultato per estendere il fattore di copertura

La misura è una stima

L'incertezza è una valutazione

Incertezza: unica via alla certezza

Great care must be taken to distinguish between the terms “error” and “uncertainty”. They are not synonyms, instead they represent completely different concepts; they should not be confused with one another or misused.

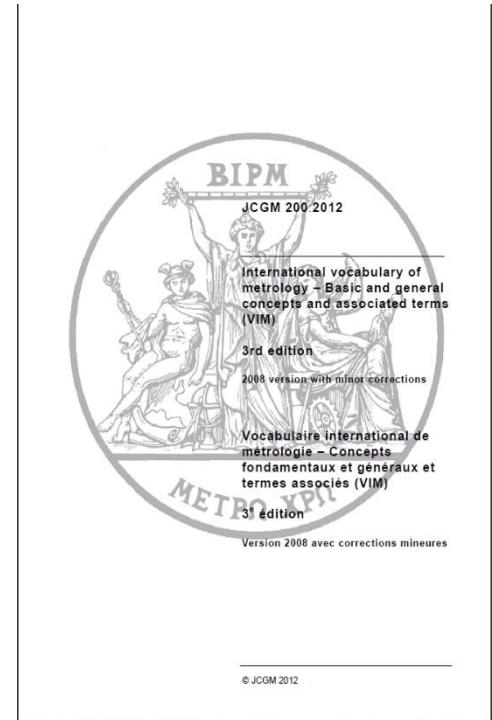
Errors can be corrected
Uncertainties can be reduced

Uncertainties are not mistakes (errors can be)

***E' quindi necessario adottare una
terminologia comune***

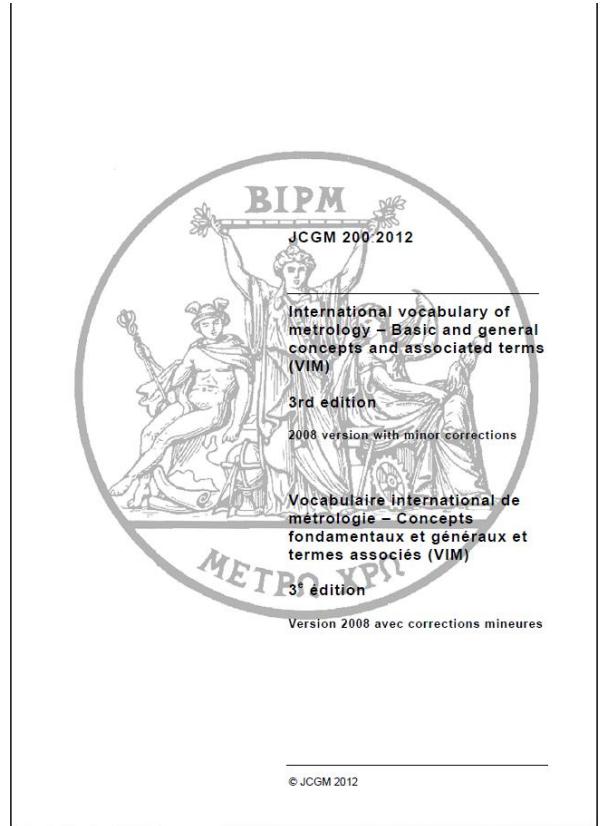
A common terminology

- To better communicate within members of the same community
- To compare information among different communities
- To keep correct interpretation of measurement in time and across nations/languages
- For unique interpretation and use of terms
- For a correct link between terms and concepts
- For clear interpretation of recommendations, prescriptions and guides
- To avoid misunderstanding in evaluating measurements results
- To avoid cheating or fraud in tenders and specifications



International vocabulary of basic and general terms in metrology

Aka the “VIM”



The JCGM

The Joint Committee has the responsibility for maintaining and updating the *International vocabulary of basic and general terms in metrology (VIM)* and the *Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*



Charter
Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM)

<http://www.bipm.org/en/committees/jc/jcgm/wg1.html>

<http://www.iso.org/sites/JCGM/JCGM-introduction.htm>



Organisation Internationale de Métrologie Légale
International Organization of Legal Metrology

The International Organization of Legal Metrology is an intergovernmental treaty organization which

- develops model regulations, standards and related documents for use by legal metrology authorities and industry,
- provides mutual recognition systems which reduce trade barriers and costs in a global market,
- represents the interests of the legal metrology community within international organizations and forums concerned with metrology, standardization, testing, certification and accreditation,
- promotes and facilitates the exchange of knowledge and competencies within the legal metrology community worldwide,
- cooperates with other metrology bodies to raise awareness of the contribution that a sound legal metrology infrastructure can make to a modern economy.

Regole di scrittura

Un **valore** va sempre espresso con a destra il **simbolo** dell'unità di misura (o delle unità che lo compongono), separato da uno spazio vuoto

Corretto

15 m

23 °C

9,23 s

12 kg

Sbagliato

15m – 15M – 15mt – 15MT-15Mt

23° C – 23C – 23°C – 23C°

9.23 sec

12 KG – 12 Kg

I simboli delle unità devono essere quelli del Sistema Internazionale, non loro «interpretazioni»

Symbol	Name	Quantity
s	secondo	time
m	metro	length
kg	chilogrammo	mass
A	ampere	electric current
°C or K	grado Celsius o Kelvin	thermodynamic temperature
mol	mole	amount of substance
cd	candela	luminous intensity

SI derived units with special names and symbols^{[40]:15}

Name	Symbol	Quantity	In SI base units	In other SI units
radian ^[N 1]	rad	plane angle	m/m	1
steradian ^[N 1]	sr	solid angle	m^2/m^2	1
hertz	Hz	frequency	s^{-1}	
newton	N	force, weight	$\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$	
pascal	Pa	pressure, stress	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$	N/m^2
joule	J	energy, work, heat	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$	$\text{N}\cdot\text{m} = \text{Pa}\cdot\text{m}^3$
watt	W	power, radiant flux	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}$	J/s
coulomb	C	electric charge	$\text{s}\cdot\text{A}$	
volt	V	electrical potential difference (voltage), emf	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-1}$	$\text{W}/\text{A} = \text{J}/\text{C}$
farad	F	capacitance	$\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^4\cdot\text{A}^2$	C/V
ohm	Ω	resistance, impedance, reactance	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-2}$	V/A
siemens	S	electrical conductance	$\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^3\cdot\text{A}^2$	Ω^{-1}
weber	Wb	magnetic flux	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-1}$	$\text{V}\cdot\text{s}$
tesla	T	magnetic flux density	$\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-1}$	Wb/m^2
henry	H	inductance	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-2}$	Wb/A
degree Celsius	$^{\circ}\text{C}$	temperature relative to 273.15 K	K	
lumen	lm	luminous flux	$\text{cd}\cdot\text{sr}$	$\text{cd}\cdot\text{sr}$
lux	lx	illuminance	$\text{cd}\cdot\text{sr}\cdot\text{m}^{-2}$	lm/m^2
becquerel	Bq	radioactivity (decays per unit time)	s^{-1}	
gray	Gy	absorbed dose (of ionising radiation)	$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$	J/kg
sievert	Sv	equivalent dose (of ionising radiation)	$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$	J/kg
katal	kat	catalytic activity	$\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$	

Notes

1. ^{a b} The radian and steradian are defined as dimensionless derived units.

In Italiano si utilizza la virgola per separare i decimali

Multipli e sottomultipli vanno utilizzati,
meglio se in gruppi di 1000

Corretto

15 mm

23 °C

9,23 µs

12 kg

Sbagliato

15mil

23° C – 23C – 23°C – 23C°

9.23 microsec

12 KG – 12 Kg

Non aver paura delle lettere greche per i sottomultipli

SI prefixes

Prefix		Base 10	Decimal	English word		Adoption ^[nb 1]	Etymology	
Name	Symbol			Short scale	Long scale		Language	Derived word
yotta	Y	10^{24}	1 000 000 000 000 000 000 000 000	septillion	quadrillion	1991	Greek	eight ^[nb 2]
zetta	Z	10^{21}	1 000 000 000 000 000 000 000 000	sextillion	trilliard	1991	Latin	seven ^[nb 2]
exa	E	10^{18}	1 000 000 000 000 000 000 000 000	quintillion	trillion	1975	Greek	six
peta	P	10^{15}	1 000 000 000 000 000 000 000 000	quadrillion	billiard	1975	Greek	five ^[nb 2]
tera	T	10^{12}	1 000 000 000 000 000 000 000 000	trillion	billion	1960	Greek	four ^[nb 2] , monster
giga	G	10^9	1 000 000 000 000 000 000 000 000	billion	milliard	1960	Greek	giant
mega	M	10^6	1 000 000 000 000 000 000 000 000	million		1873	Greek	great
kilo	k	10^3	1 000 000 000 000 000 000 000 000	thousand		1795	Greek	thousand
hecto	h	10^2	1 000 000 000 000 000 000 000 000	hundred		1795	Greek	hundred
deca	da	10^1	1 000 000 000 000 000 000 000 000	ten		1795	Greek	ten
		10^0	1 000 000 000 000 000 000 000 000	one				—
deci	d	10^{-1}	0.1 000 000 000 000 000 000 000 000	tenth		1795	Latin	ten
centi	c	10^{-2}	0.01 000 000 000 000 000 000 000 000	hundredth		1795	Latin	hundred
milli	m	10^{-3}	0.001 000 000 000 000 000 000 000 000	thousandth		1795	Latin	thousand
micro	μ	10^{-6}	0.000 001 000 000 000 000 000 000 000	millionth		1873	Greek	small
nano	n	10^{-9}	0.000 000 001 000 000 000 000 000 000	billionth	milliardth	1960	Greek	dwarf
pico	p	10^{-12}	0.000 000 000 001 000 000 000 000 000	trillionth	billionth	1960	Spanish	peak, beak, little bit
femto	f	10^{-15}	0.000 000 000 000 001 000 000 000 000	quadrillionth	billiardth	1964	Danish	fifteen
atto	a	10^{-18}	0.000 000 000 000 000 001 000 000 000	quintillionth	trillionth	1964	Danish	eighteen
zepto	z	10^{-21}	0.000 000 000 000 000 000 001 000 000 000	sextillionth	trilliardth	1991	Latin	seven ^[nb 2]
yocto	y	10^{-24}	0.000 000 000 000 000 000 000 001 000 000 000 000	septillionth	quadrillionth	1991	Greek	eight ^[nb 2]

¹ Prefixes adopted before 1960 already existed before SI. The introduction of the CGS system was in 1873.

2. **a b c d e f** Part of the beginning of the prefix was modified from the word it was derived from, ex: "peta" (prefix) vs "penta" (derived word).

Se un valore è espresso numericamente, l'unità va scritta mediante il relativo simbolo.

Se un valore è espresso da un termine quantitativo l'unità va scritta per esteso

40 m qualche decina di metri

6 cm pochi centimetri

Nel parlato...

Nel parlato...

15 ml

Nel parlato...

15 ml

«quindici emme elle»!!!

Nel parlato...

15 ml

«quindici emme elle»!!!

12 °C

Nel parlato...

15 ml

«quindici emme elle»!!!

12 °C

«dodici gradi centigradi»!!!

Nel parlato...

15 ml

«*quindici emme elle*»!!!

12 °C

«*dodici gradi centigradi*»!!!

«quindici millilitri»
«dodici gradi Celsius»

Ci si inorridisce per errori di ortografia e di grammatica, ma si lasciano passare strafalcioni grammaticali nel riportare numeri e valori.

Ci si inorridisce per errori di ortografia e di grammatica, ma si lasciano passare strafalcioni grammaticali nel riportare numeri e valori.

«...del vesto guavda, io di numevi non ho ci ho mai capito niente...»

Ciao