

# **Concetti introduttivi**

## **Modulo 1**

**Monografia a cura di Frizza Roberto**

# Sommario

<b>SOMMARIO</b> .....	<b>2</b>
<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>1 - DEFINIZIONI (UNI 4546)</b> .....	<b>3</b>
<b>2 - DIFFICOLTÀ NELLE MISURE</b> .....	<b>4</b>
<b>3 - QUALI GRANDEZZE SI MISURANO</b> .....	<b>5</b>
<b>4 - METODO DI MISURAZIONE</b> .....	<b>5</b>
<b>5 - DEFINIZIONE DI MODELLO (UNI 4546)</b> .....	<b>9</b>
<b>6 - GRANDEZZE PRINCIPALI E DISTURBI – EFFETTO DI CARICO</b> .....	<b>10</b>
<b>7 - METROLOGIA</b> .....	<b>11</b>
7.1 – CENNI STORICI - L'ORGANIZZAZIONE METROLOGICA INTERNAZIONALE.....	12
7.1.1 <i>Metrologia Moderna</i> .....	15
7.2 – LA RIFERIBILITÀ A LIVELLO INTERNAZIONALE .....	19
7.3 - SISTEMA INTERNAZIONALE DI UNITÀ DI MISURA .....	22
7.4 - LA METROLOGIA IN ITALIA E IL SISTEMA NAZIONALE DI TARATURA.....	36
7.4.1 <i>Accredia</i> .....	38
7.4.2 <i>Accredia è un membro EA. ILAC</i> .....	40
7.4.3 <i>L'accreditamento dei Laboratori di taratura</i> .....	41
7.4.4 <i>Metrologia Legale e Scientifica</i> .....	42

## NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- VIM, Vocabolario Internazionale delle Misure UNI-CEI U37.00.001.0 (1990)
- UNI 4546, (1984) Misure e Misurazioni: termini e definizioni fondamentali.
- UNI-ISO 9001-2015 Sistemi di gestione per la qualità
- UNI-ISO 10012 Assicurazione della qualità relativa agli apparecchi per le misurazioni. Linee guida per il controllo dei processi di misurazione

## Note normative

Nel settembre 2016 è stata adottata dall' UNI la traduzione in italiano della norma internazionalmente conosciuta come **GUM (ISO/IEC Guide 98-3:2008): UNI CEI 70098-3** "Incertezza di misura - Parte 3: Guida all'espressione dell'incertezza di misura".

L'attività, compiuta dalla commissione tecnica Metrologia e CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), porta a compimento il progetto di avere in lingua italiana il compendio di metrologia dato dalle due guide trasversali internazionali GUM e VIM (UNI CEI 70098-2) andando a colmare il vuoto lasciato dal ritiro della Norma UNI CEI ENV 13005:2000 nell'ottobre 2015.

## 1 - DEFINIZIONI (UNI 4546)

**Misurazione:** atto del misurare, uso di uno o più strumenti, la eventuale elaborazione matematica e la necessaria valutazione della qualità del risultato. E' il procedimento attraverso il quale si assegnano **valori numerici** a rappresentazione di grandezze fisiche

**Misura:** è il risultato di una misurazione.

**Parametro:** è ogni grandezza, pertinente a un sistema fisico, alla quale è necessario assegnare valori per descrivere:

- il sistema stesso e il suo stato,
- la sua evoluzione,
- le sue interazioni con altri sistemi e con l'ambiente.

Alcuni parametri non possono essere quantificati con uno scalare e, come ad esempio i vettori, devono essere espressi con numeri complessi, matrici, tensori.

**Misurando:** parametro sottoposto a misurazione.

### **Metrologia:**

**def1:** disciplina che riguarda la qualità delle misure; un conto è eseguire una misura, un altro è eseguire una misura corretta o valutare la qualità della misura.

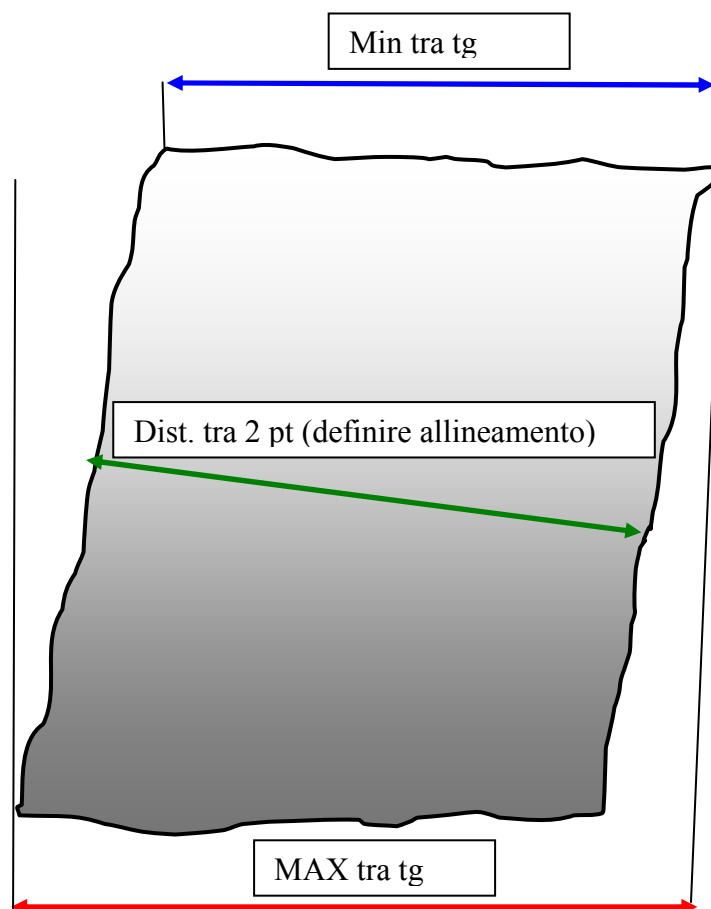
**def2:** Secondo la terza edizione del Vocabolario internazionale di metrologia (VIM), la metrologia è la scienza che si occupa della misurazione e delle sue applicazioni

## 2 - DIFFICOLTÀ NELLE MISURE

Generalmente la strumentazione necessaria ad una misurazione, con l'avvento della globalizzazione è relativamente facile da reperire ed a costi che mettono tutti in una condizione da poter competere a pari condizioni indipendentemente dall'area geografica in cui si trovano ad operare.

Anche avere a disposizione tecnologie di ultima generazione non è però garanzia di ottenimento di una misura EFFICACE per lo scopo a cui è destinata

In sostanza non esiste la possibilità di classificare le misure in base alla tipologia di misurando identificando un metodo od una procedura che possa andare bene in ogni occasione e che quindi metta al riparo da errori grossolani; l'esperienza è la qualità fondamentale e la metrologia resta una disciplina prevalentemente tecnica.



Esempio: volendo misurare la lunghezza di una lastra sagomata si possono rilevare secondo l'intendimento diverse distanze: La scelta di quale sia la più corretta dipende dall'uso che dovremo fare della misura

- costruire una custodia per la lastra,
- calcolarne l'area per risalire al peso
- ecc.

Una misura sbagliata ha conseguenze importanti (ha una evidenza inconfutabile, porta ad elaborare teorie errate...)

### 3 - QUALI GRANDEZZE SI MISURANO

**Extensive** : vale la somma; il confronto può essere eseguito in termini di rapporti.

Es. lunghezze, correnti elettriche, portate.

**Intensive** : esprimono un ordine, *non vale la somma*; definiscono un modo di essere della materia. Solitamente ci si appoggia ad una misura indiretta (vedi prossima pagina)

Es. pressioni, potenziale elettrico, temperatura

### 4 - METODO DI MISURAZIONE

Procedura che regola le modalità con cui si esegue una misura.

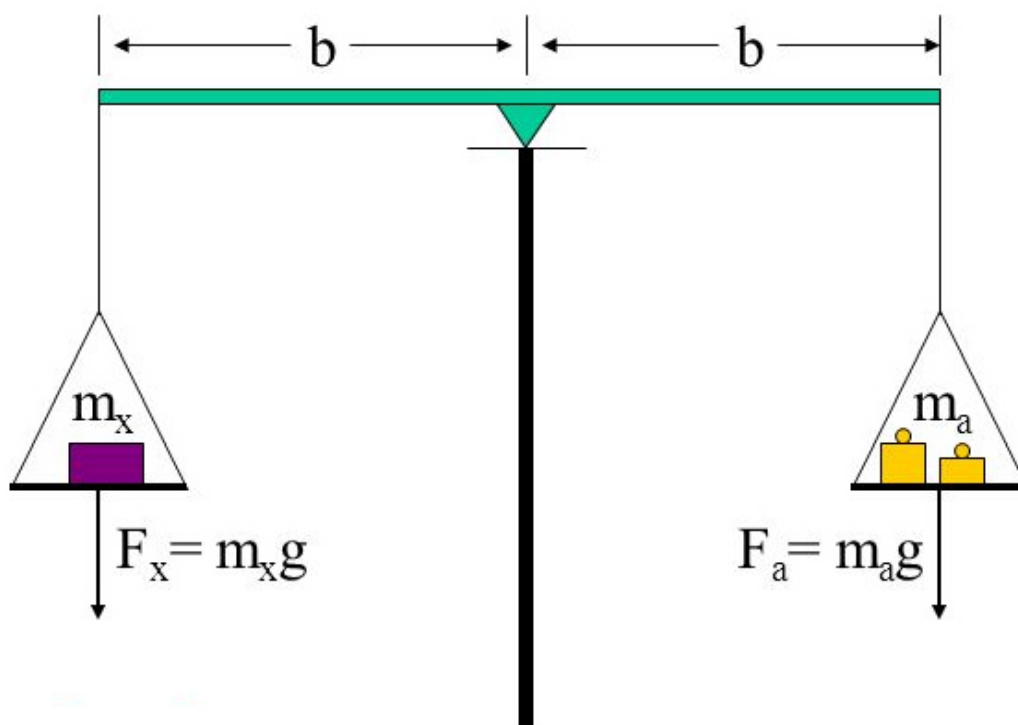
**METODO DI MISURAZIONE DIRETTO** Il metodo prevede il rilievo diretto della grandezza fisica che si desidera misurare (es. lettura di una lunghezza con un metro a nastro).

il metodo prevede che il valore del misurando sia ottenuto leggendo direttamente la grandezza di interesse, **confrontandola** con un'altra della stessa specie, scelta come campione e rappresentante l'unità di misura (o un multiplo/sottomultiplo di essa).

Il confronto può avvenire in diversi modi e con approcci diversi.

a) **Misure per Opposizione:**

La misurazione prevede la contemporanea presenza di master e pezzo

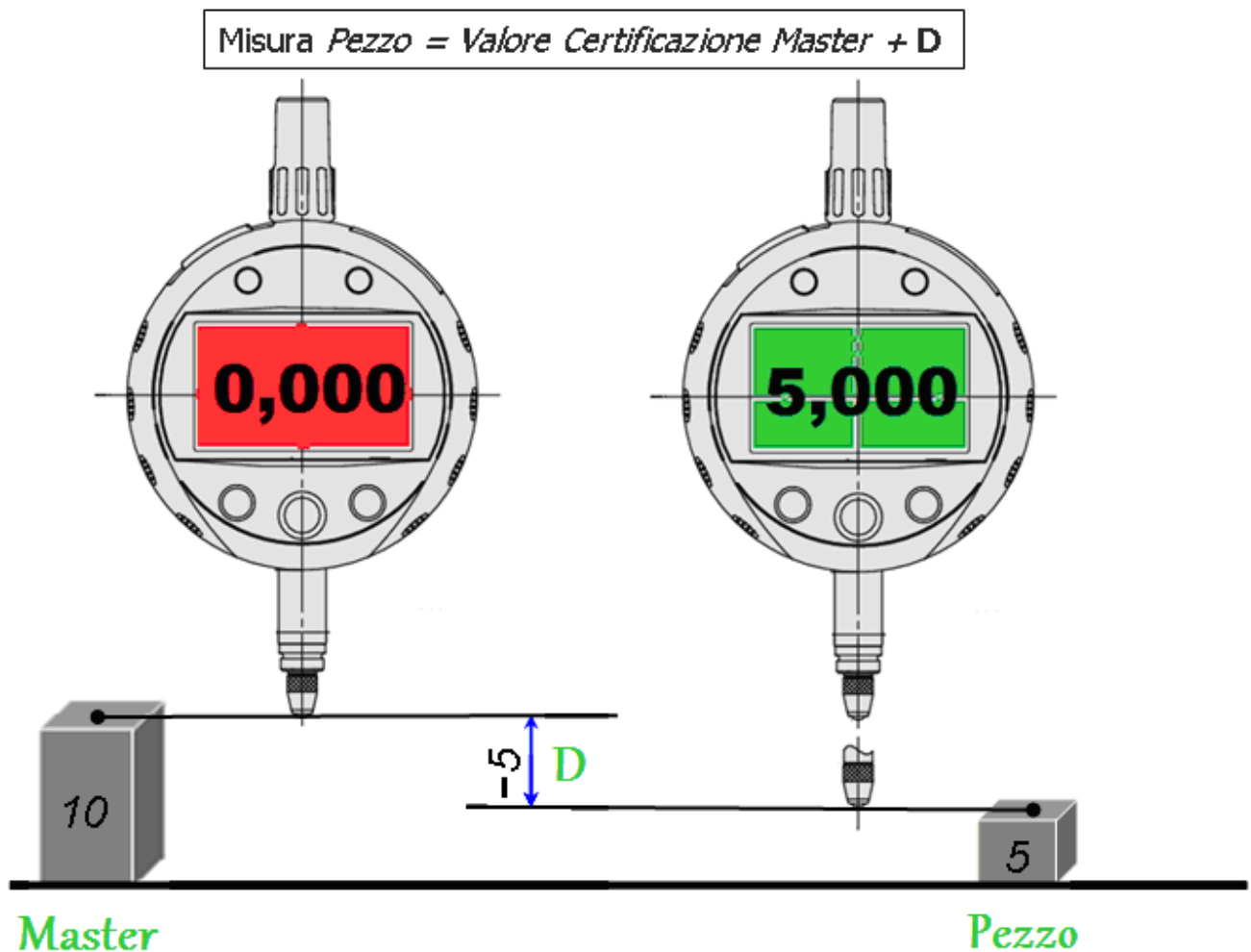


Condizione di equilibrio rotazionale:

$$m_x \cdot g \cdot b = m_a \cdot g \cdot b \quad \longrightarrow \quad m_x = m_a$$

b) **Misure per Sostituzione (azzeramento):**

La misurazione prevede l'alternanza in misura, rispettivamente di master e pezzo

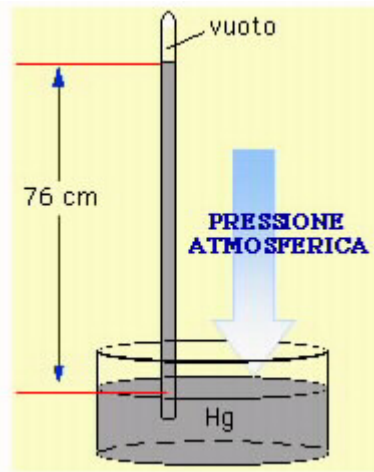


I due metodi presentati sono comunque entrambi metodi comparativi, in contrapposizione con la misura eseguita con metodi e misuratori assoluti

**METODO DI MISURAZIONE INDIRETTO:** - In questo caso si rilevano una o più grandezze fisiche che analiticamente possono essere combinate per arrivare al valore del misurando che desidero misurare

Alcuni esempi di misura con il metodo indiretto:

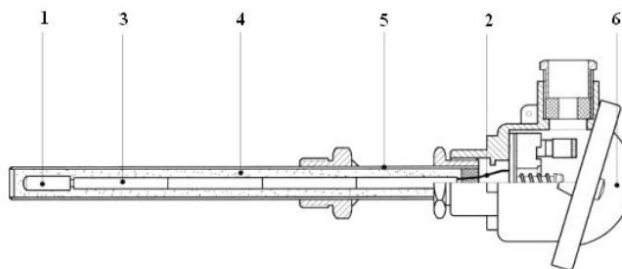
- misura della pressione tramite la misura dell'altezza di una colonna di liquido (es. barometro a mercurio);



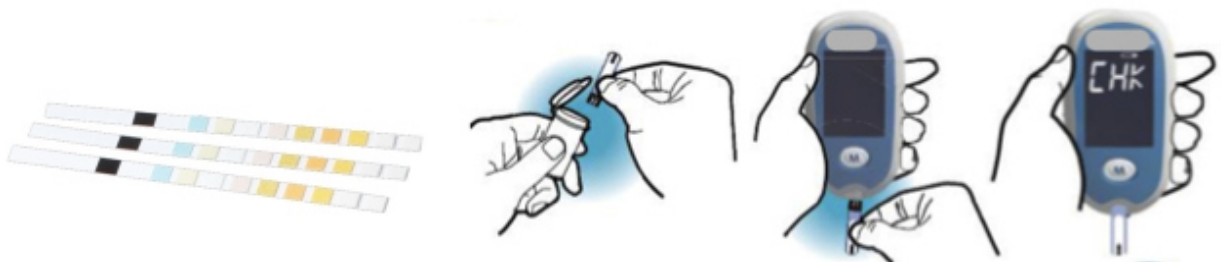
- misura della temperatura tramite la misura di una resistenza elettrica (es. termometro a termoresistenza);

**termoresistenza dal punto di vista strutturale**

1 elemento sensibile, 2 fili di collegamento, 3 isolatore ceramico, 4 riempitivo, 5 guaina di protezione, 6 testa di connessione.



- misura del glucosio nel sangue tramite la misura della colorazione di cartine reagenti (es. glucometri).



Questo tipo di misurazione è ormai molto diffusa: è infatti evidente che tutte le misure fatte con l'ausilio di trasduttori e altri sensori sono delle misure indirette; in particolare, quasi tutti trasformano il misurando in una grandezza elettrica (tipicamente una tensione) che poi viene letta e interpretata da uno strumento elettronico.

In senso stretto, quasi tutti gli odierni strumenti di misura, realizzati per misurare direttamente una grandezza, se smontati, rivelano di essere un sistema in cui l'elemento sensore opera una qualche trasformazione di grandezza, per poterne presentare in uscita una più facilmente leggibile. Generalmente però, nella classificazione tra diretta e indiretta, fa fede quale grandezza viene misurata dal singolo strumento preso nel suo complesso

La misura ha un costo che è facilmente quantificabile quando la si “compra” ad esempio presso un laboratorio, più difficilmente quantificabile se la si esegue all'interno della propria azienda; in questo ultimo caso bisogna tenere conto dei seguenti fattori:

- Costo strumentazione (che andrà ammortizzato)
- Tempo esecuzione misura
- Eventuale consumo: energia, materiali
- Mantenimento strumenti (manutenzione, taratura, gestione in regime di conferma metrologica); è importante far notare che tali costi dipendono dalla “qualità che si richiede alla misura (incertezza), è opportuno pertanto che tali caratteristiche siano adeguate alle esigenze della situazione specifica.

E' inutile utilizzare strumenti dalle caratteristiche eccessivamente spinte, se non vi è una reale necessità.

### **E' inutile misurare la distanza tra la Terra e Marte in mm**

#### **Note:**

- Per quanto detto, è importante la valutazione economica di una misura (compromesso tra costi e bisogno di conoscenza)
- L'Incidenza dei costi di una misura su un prodotto può andare dal 6% (uovo) al 50 % (aereo militare e prodotti con tecnologia aerospaziale)
- Si stima che per un paese industrializzato più del 10% del PIL sia attribuibile a prove, misurazioni ed analisi.



## 5 - Definizione di modello (UNI 4546)

Def: Insieme organico di relazioni tra parametri, descrivente le interazioni e/o la evoluzione dei sistemi.

Bisogna misurare ciò che serve: per questo motivo associato ad ogni misura deve esistere un MODELLO della realtà che si vuole misurare (sempre vero in caso di misura indiretta).

Es. Se il mio sistema è un blocco di acciaio posso ipotizzarne diversi modelli in funzione di ciò che desidero misurare

Modello meccanico:	$F = m \times a$ per conoscere $m$ misuro $F$ ed $a$ (misura indiretta).
Modello geometrico:	Parallelepipedo
Modello chimico:	Composizione, Fe, C, altri materiali
Modello strutturale:	Deformazione sotto carico

### Riassumendo:

- Il modello influenza la scelta dello strumento da usare e la procedura di esecuzione delle misure.
- Il tipo di modello dipende dallo scopo per cui le misure sono fatte.
- Non esistono modelli migliori o peggiori ma solo modelli  $\pm$  efficaci nel rappresentare le caratteristiche dell'applicazione per cui le misure vengono fatte.

Il modello è frutto di schematizzazioni del sistema in misura basato sulle conoscenze disponibili e per lo stesso oggetto o fenomeno se ne potrebbero ipotizzare di diversi tipi:

- a) geometrico
- b) chimico-fisico
- c) strutturale

Il modello permette:

- a) la verifica della compatibilità tra misure diverse dello stesso parametro
- b) la misura indiretta di una grandezza con misurazioni su altri parametri
- c) la misura di parametri non misurabili con metodo diretto

Esempio:

La legge di Newton è un modello degli effetti di una forza (ad esempio quella gravitazionale) su un punto materiale libero di muoversi; in questo caso come abbiamo già detto può servire, note a ed F, per misurare la m del corpo.

**Nota** - La stessa legge se interpretata come  $F = m \frac{d^2 \chi}{dt^2}$  e integrata 2 volte rispetto al tempo, descrive l'evoluzione nel tempo del sistema.

Un modello è valido entro un certo campo di valori dei parametri che caratterizzano lo stato del misurando e per un certo livello di qualità delle misure.

Es. Si consideri ad esempio un pezzo meccanico come un corpo solido rigido, se l'obiettivo è di misurarne le dimensioni con tolleranze fino al micron può essere appropriato; se però si ha la necessità di avere una accuratezza della misura dell'ordine dei manometri, o più fine ancora, è necessario considerare anche la sua struttura fisica riducendolo ad un modello atomico.

## 6 - Grandezze Principali E Disturbi – Effetto Di Carico

### Disturbi

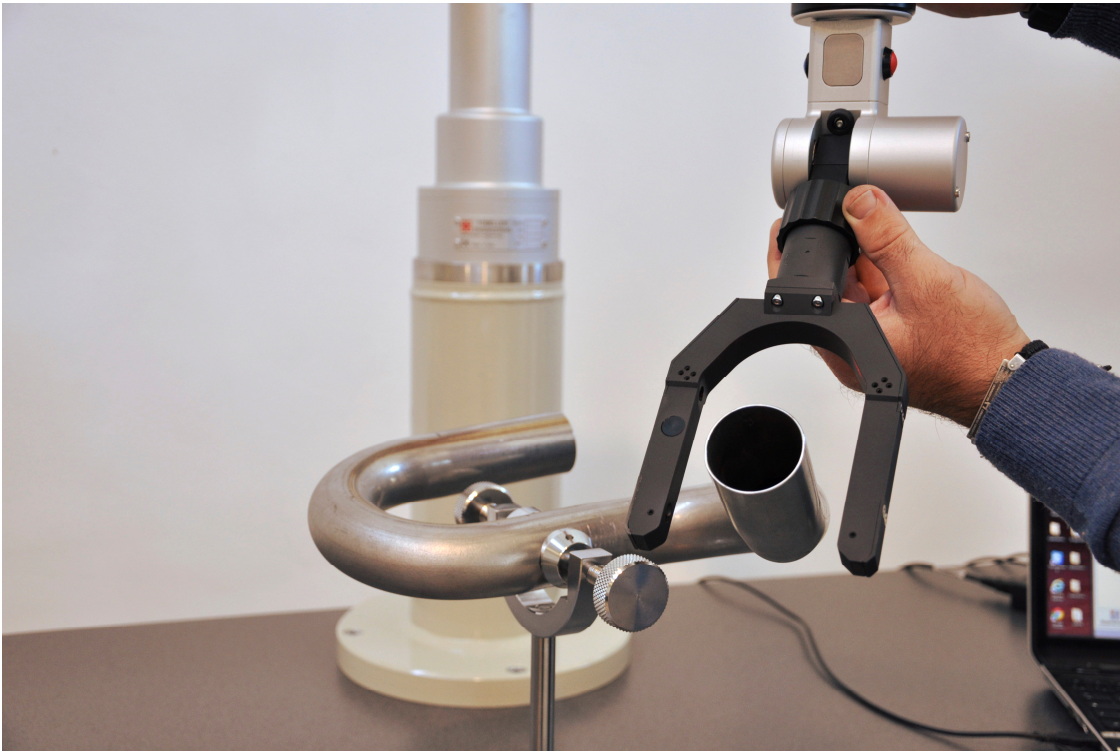
Esiste una grandezza (detta principale) che è l'oggetto della misura, (ad es il diametro di un tubo di acciaio), ed altre grandezze che influenzano in maniera indesiderata la misura, le grandezze di disturbo.

Alcune di queste sono identificabili: la temperatura, l'umidità, lo stato di sollecitazione, altre sono invece non lo sono, in quanto non tutti i fenomeni sono noti.

La suddivisione tra grandezze principali e secondarie o di disturbo dipende dal tipo di modello scelto.

In alcuni casi lo scopo delle misure è proprio l'identificazione dell'effetto di grandezze di disturbo.

Se torniamo all'esempio della analisi di un tubo:



- La grandezza principale potrebbe essere, come detto, il diametro
- Le grandezze di disturbo evidenti, in questo caso, potrebbero essere la temperatura, l'umidità, lo stato di sollecitazione, altre meno evidenti invece potrebbero essere i campi elettrici e magnetici, accelerazione di gravità.

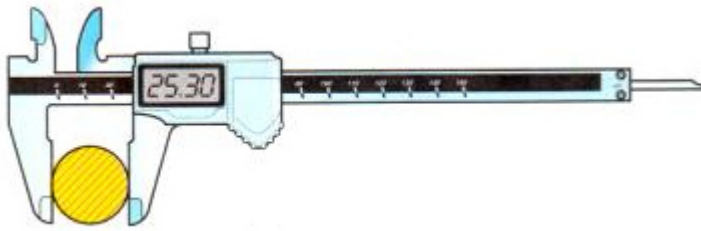
L'influenza delle grandezze di disturbo non identificabili dipende anche dal livello di schematizzazione del modello che si adotta e che resterà intrinseca della misura.

### Effetto di Carico

Quando si esegue una misura bisogna avere coscienza che l'applicazione dell'apparecchiatura di misura interferirà in maniera più o meno rilevante con la grandezza che si vuole misurare;

La ragione di ciò risiede nel fatto che nell'eseguire la misurazione, il misurando, per la inevitabile interazione con l'apparecchiatura di misura si trova nella condizione di assorbire o cedere energia e questo mutamento porta inevitabilmente ad una variazione delle condizioni del misurando stesso che vanno valutate in quanto non sempre risultano trascurabili; ad esempio:

- la pressione dei beccucci del calibro varia la dimensione dell'oggetto che si sta misurando



- l'applicazione di un accelerometro su un corpo vibrante ne varia la massa e di conseguenza il comportamento dinamico

- l'introduzione di un termometro varia la temperatura dell'ambiente di cui si vuole conoscere la temperatura

## 7 - METROLOGIA

La globalizzazione ha reso necessario l'introduzione ed il rispetto di comportamenti e regole atte a consentire il confronto dei risultati nel mercato mondiale.

L'utilizzatore deve essere cioè confidente sulla "certezza" della misura; tale confidenza si garantisce solo conferendo ai risultati delle misurazioni una caratteristica fondamentale che meglio definiremo in seguito e che chiamiamo **Riferibilità**.

*Una misura non riferibile non ha dignità per essere considerata tale*

Se così non fosse non è difficile pensare ai disagi che incontreremmo nella vita di tutti i giorni: si pensi ad esempio ai problemi che potrebbero sorgere qualora i contatori di litri di carburante non fornissero la stessa misura, a parità di carburante erogato, o se le bilance dei negozi non fossero concordi nella definizione dell' "etto di prosciutto".

## 7.1 – Cenni Storici - L'organizzazione metrologica internazionale

Fin dall'antichità, l'uomo sentì l'esigenza di misurare quelle grandezze fisiche utilizzate nella vita di tutti i giorni, come le lunghezze, le aree, i volumi, i pesi o gli intervalli di tempo. Tale necessità, fondamentale per la regolamentazione e lo sviluppo degli scambi commerciali di beni e di merci, ha fatto sì che ogni popolo del passato inventasse un sistema di unità di misure.

Anche nella Bibbia si trova la conferma di tale necessità:

**35** Non commetterete ingiustizie nei giudizi, né con le misure di lunghezza, né coi pesi, né con le misure di capacità.

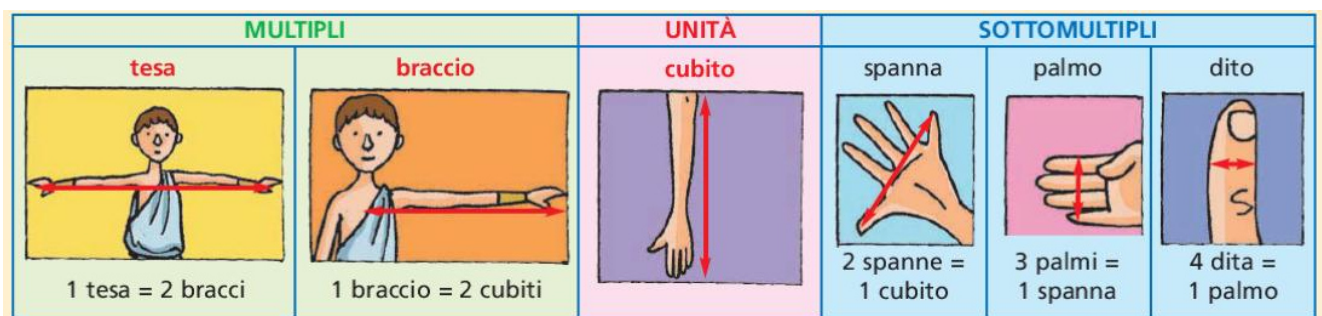
**36** Avrete stadere giuste, pesi giusti, efa giusto (capacità per aridi), hin giusto (capacità per liquidi). Io sono l'Eterno, l'Iddio vostro, che v'ho tratto dal paese d'Egitto

Levitico 19,35-36

Così come nel libro dei proverbi

“..Stadera giusta e Bilancia son del Signore e tutti i pesi in uso appartengono a lui...”

I primi sistemi di misura ed i relativi campioni, erano già stati individuati da antiche civiltà quali quella sumera, babilonese ed egiziana. Inizialmente i campioni di lunghezza avevano chiari riferimenti antropomorfi: il piede, il dito, il palmo, la spanna, la tesa (distanza fra le estremità delle braccia tese).



Fra le prime unità di misura di lunghezza viene ricordato il cubito, di origine egiziana, che corrisponde alla misura della lunghezza dell'avambraccio umano, con i suoi multipli e sottomultipli, ora custodito presso il Museo Egizio di Torino.



I campioni di massa erano invece costituiti da semi, pietre e metalli, scelti con criteri di stabilità nel tempo e di difficoltà di manomissione.



E' curioso notare come le misure di capacità fossero determinate da esigenze concrete: il fiasco è legato alla capacità di consumo giornaliero di una persona, mentre la damigiana tiene conto delle difficoltà di sollevamento e di trasporto.



I principali limiti di tali sistemi di misura erano l'insufficiente precisione (si pensi alle misure antropomorfe) e la non conformità tra le varie popolazioni. Durante tutta l'antichità, il medioevo e fino all'inizio dell'era moderna si contano un'innomerevole varietà di unità di misura, a diffusione locale. Spesso non esisteva uniformità nemmeno tra comuni limitrofi e questo costituiva sicuramente un ostacolo alla commercializzazione delle merci.

Nelle piazze di molte città italiane, dove tradizionalmente si svolgeva il mercato, sono tuttora visibili alcune unità di misura che venivano utilizzate come campioni di riferimento nelle transazioni commerciali.



Palazzo comunale di Pistoia

La fondazione della metrologia come scienza è opera dello spirito illuminista e il suo scopo sin dagli albori è quello di armonizzare i campioni diffusi localmente in un unico sistema. Inizialmente furono adottate due sole unità di misura:

Una per la lunghezza ed una per la massa.

### 7.1.1 Metrologia Moderna

La metrologia moderna è nata alla fine dell'800, con la firma della Convenzione del Metro (1875). Nella seduta del 20 maggio 1875 ben diciassette dei venti rappresentanti firmarono la Convenzione del Metro e stabilirono la realizzazione di un laboratorio internazionale di metrologia (il BIPM).

<b>Stati firmatari della Convenzione del Metro</b>	
Argentina	Portogallo
Austria - Ungheria	Russia
Belgio	Spagna
Brasile	Stati Uniti d'America
Danimarca	Svezia - Norvegia
Francia	Svizzera
Germania	Turchia
Italia	Venezuela
Perù	

Scopo fondamentale del trattato, cui aderirono i Paesi più industrializzati, è la definizione del Sistema Internazionale di Unità di Misura e la sua disseminazione nel mondo. Altro compito essenziale è quello di modificare e adeguare il Sistema SI, se necessario, in relazione ai progressi della Scienza e della Tecnologia.

La responsabilità di queste attività è assegnata al **CGPM**, (Conférence Générale des Poids et Mesures), formata da delegati degli Stati Membri.

In concreto i compiti operativi possono essere riassunti come segue:

- discutere e incentivare le misure necessarie per diffondere e perfezionare il SI
- sanzionare i risultati di nuove determinazioni metrologiche fondamentali
- adottare risoluzioni scientifiche di portata internazionale
- deliberare la definizione delle unità SI.



Delegazione della CGPM 2° conferenza 1895

La Conferenza si tiene a [Parigi](#) ogni 4, 5 o 6 anni.

Al 17 Agosto 2016 la CGPM rappresentava 58 stati membri e 41 altri membri associati..

**([http://www.bipm.org/en/convention/cgpm/comptes\\_rendus.html](http://www.bipm.org/en/convention/cgpm/comptes_rendus.html))**



## Conferenze Generali fino ad oggi

- 1 (1889) - Viene definito il [chilogrammo](#) come massa dell'international prototype kilogram (IPK) fatto della lega [platino-iridio](#) e conservato presso il [Bureau international des poids et mesures](#) di [Sèvres](#). Viene ratificato l'International prototype metre.
- 2 (1895)
- 3 (1901) - Ridefinito il [litro](#) come il volume di 1 kg di acqua. Si chiarisce che i chilogrammi sono unità di massa, è definito il "peso standard", è definita la [accelerazione di gravità standard](#) approvando l'uso del grammo forza e rendendoli ben definiti.
- 4 (1907) - Adottato il [carato](#), pari a 200 mg.
- 5 (1913) - Proposta la International Temperature Scale.
- 6 (1921) - Revisionata la Metre Convention.
- 7 (1927) - Creato il Consultative Committee for Electricity (CCE).
- 8 (1933) - Identificata la necessità di una unità elettrica assoluta.
- 9 (1948) - Definiti [ampere](#), [coulomb](#), [farad](#), [henry](#), [joule](#), [newton](#), [ohm](#), [volt](#), [watt](#) e [weber](#). Per il litro si adotta la l minuscola.
- 10 (1954) - Definiti [kelvin](#) e [atmosfera standard](#). Si avvia l'International System of Units ([metro](#), [chilogrammo](#), [secondo](#), [ampere](#), [kelvin](#), [candela](#)).
- 11 (1960) - Ridefinito il metro in termini di lunghezze d'onda della luce. Adottati [hertz](#), [lumen](#), [lux](#), [tesla](#). Per il nuovo sistema metrico viene adottato il simbolo ufficiale **SI** per **Système International d'Unités**, chiamato anche "modernized metric system". Confermati i prefissi pico-, nano-, micro-, mega-, giga- e tera-.
- 12 (1964) - Ristabilita l'originale definizione di [litro](#) = 1 dm<sup>3</sup> introdotti i prefissi atto- e femto-.
- 13 (1968) - Il secondo ridefinito come durata di 9 192 631 770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di [cesio-133](#) alla temperatura di 0 K. Il Grado Kelvin ribattezzato kelvin. Ridefinita la [candela](#).
- 14 (1971) - Definita la [mole](#) come nuova unità SI di base. Approvati [pascal](#) e [siemens](#).
- 15 (1975) - Prefissi peta- ed exa-. Unità radiologiche [gray](#) e [becquerel](#).
- 16 (1979) - Definiti [candela](#) e [sievert](#). Sia l che L consentiti provvisoriamente come simboli per litro.
- 17 (1983) - Ridefinito metro in termini di velocità della luce, in modo che mantenga la stessa lunghezza.
- 18 (1987) - Adottati valori convenzionali per la [costante di Josephson](#)  $K_J$  e per la [costante di von Klitzing](#)  $R_K$ , per aprire la strada a definizioni alternative di ampere e chilogrammo.
- 19 (1991) - Nuovi prefissi [yocto-](#), [zepto-](#), [zetta-](#) e [yotta-](#).
- 20 (1995) - Le unità SI supplementari ([radiante](#) e [steradiante](#)) diventano unità derivate.
- 21 (1999) - Nuova unità SI derivata, il [katal](#) = [mole](#) per [secondo](#), con la quale esprimere l'attività catalitica.
- 22 (2003) - Sia la virgola che il punto sono dichiarati accettati come simboli per la demarcazione decimale.
- 23 (2007) – ottobre 2003
- 24 (2011) – tenutasi ad Ottobre 2011
- 25 (2014) - 18 – 20 Novembre

La CGPM, si avvale dell'opera **dell'organismo tecnico CIPM** (Comité International des Poids et Mesures) composto di 18 membri nominati dalla CGPM, con il compito di seguire le decisioni della CGPM e promuovere direttamente, sottoponendole alla CGPM, iniziative volte promuovere l'unificazione delle unità di misura; oltre a ciò sovrintende all'attività del Bureau international des poids et Mesures (BIPM). Quest'ultimo è un laboratorio metrologico internazionale, con sede a Sèvres, nei pressi di Parigi, che costituisce l'organo permanente scientifico della CGPM ed ha il compito di:

- conservare i prototipi dei campioni;
- effettuare i confronti necessari per assicurare l'uniformità delle misure a livello internazionale;
- effettuare e coordinare la determinazione di costanti fisiche fondamentali



L'attuale Sistema SI è stato approvato per la prima volta dalla 11<sup>ma</sup> Conferenza Generale CGPM, nel 1960, e successivamente aggiornato e integrato.

Gli **Istituti Primari** sono gli Organismi Nazionali di ciascuno Stato Membro che provvedono alla realizzazione, mantenimento e disseminazione delle Unità SI nel singolo Stato.

In Italia, gli Istituti Primari, la cui costituzione (per i primi) risale agli anni '50, **erano**:

- IENGF Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris
- IMGCI Istituto di Metrologia Gustavo Colonnetti
- ENEA Ente per Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (oggi INMRI Istituto nazionale metrologia radiazioni ionizzanti)

Il 1° gennaio 2006 è diventato operativo 'INRIM Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, che ha unificato IEN e IMGCI/CNR.

In Europa ricordiamo, fra gli altri, l'Istituto Primario della Germania PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) e quello inglese NPL (National Physical Laboratory).

L'Istituto Primario degli Stati Uniti è il NIST (National Institute of Standards and Technology, già NBS National Bureau of Standards).

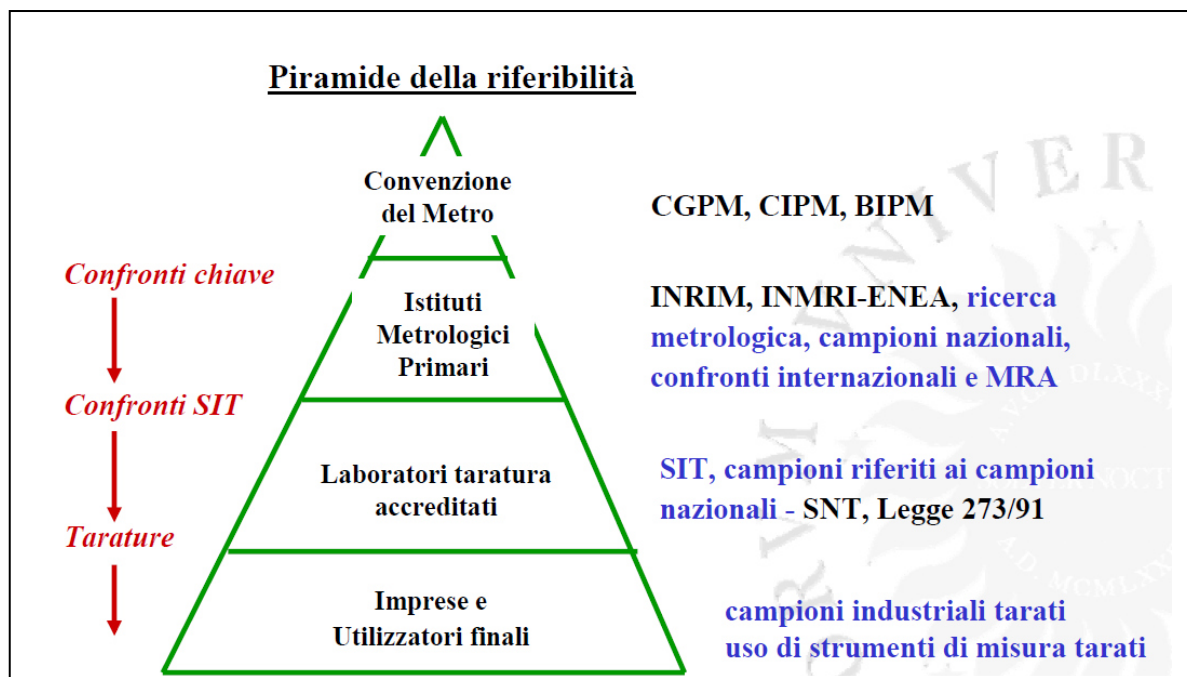
Gli Istituti Primari dei singoli Stati realizzano e conservano i campioni primari delle diverse grandezze fisiche, per consentire il confronto e la verifica dei campioni secondari da diffondere nel territorio nazionale.

Il coordinamento dell'attività degli Istituti Primari nazionali è operativamente realizzato dall'organismo sovranazionale BIPM (Bureau International des Poids et Mesures). Uno degli scopi principali quindi del BIPM è quello di assicurare nel mondo l'unificazione delle misure fisiche: si può dire che rappresenti l'Istituto Primario Internazionale, ed opera sotto la supervisione esclusiva del CIPM.

## 7.2 – La riferibilità a livello internazionale

**definizione:** Secondo il Vocabolario Internazionale dei termini usati nella Metrologia (VIM), la riferibilità (traceability) è:

*la proprietà del risultato di una misura o del valore di un campione per la quale esso può essere messo in relazione a un riferimento stabilito, generalmente un campione nazionale o internazionale, attraverso una catena ininterrotta di confronti (catena di riferibilità) aventi tutti un'incertezza determinata*



La riferibilità è una caratteristica che viene acquisita attraverso l'operazione di taratura. La riferibilità implica che sia stata definita una gerarchia di campioni materiali e di strumenti di misura dal campione primario ai dispositivi di misura. Essi sono caratterizzati da un'incertezza intrinseca crescente, dal momento che la catena di confronti aggiunge ad ogni passaggio nuovi contributi all'incertezza.

**CATENA DELLA RIFERIBILITA' PER LA LUNGHEZZA**

**UNITA' DI LUNGHEZZA:  
IL METRO**  
Il metro è la lunghezza del tragitto compiuto dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo di  $1 / 299\,792\,458$  s

**ISTITUTI METROLOGICI PRIMARI**

Con riferibilità diretta al campione ottico del metro, tarano con tecniche interferometriche i campioni materiali dei Centri di taratura LAT.



**CENTRI DI TARATURA ACCREDITATI LAT**

Con riferibilità diretta al campione materiale tarato dagli IMP, tarano per confronto meccanico i campioni materiali delle Aziende.

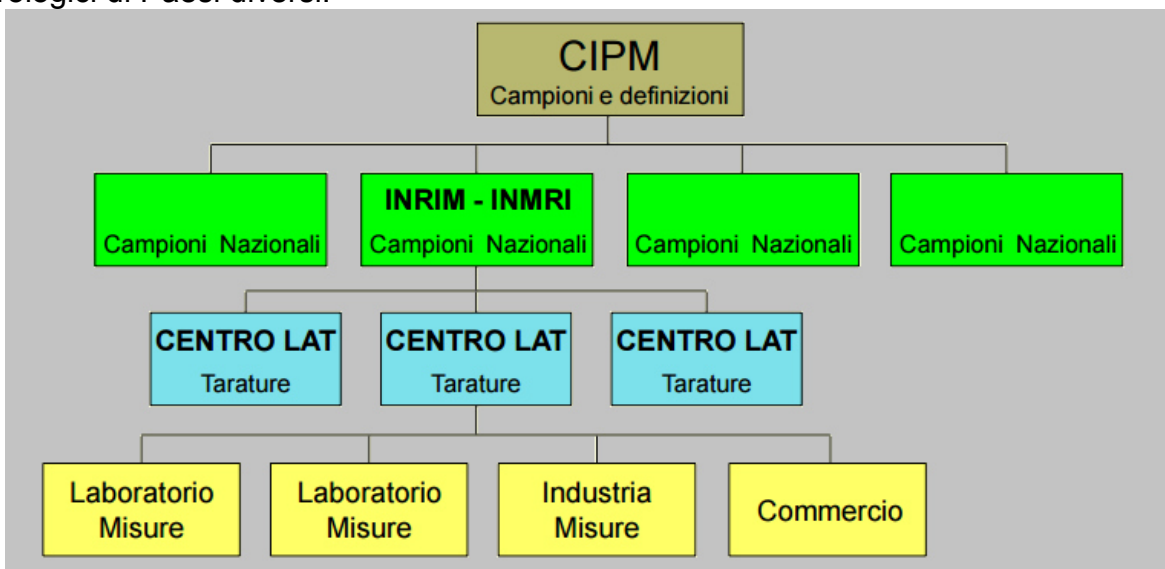


**LABORATORI DELLE AZIENDE**

Con riferibilità diretta al campione materiale tarato dai Centri LAT, tarano gli strumenti utilizzati per le verifiche di conformità del prodotto

Il problema di assicurare trasparenza e fiducia nei percorsi della riferibilità viene messa in evidenza dall'esigenza di integrazione e globalizzazione industriale ed economica fra le diverse nazioni.

Si è così aperta una discussione sui metodi per stabilire e dimostrare la riferibilità a livello internazionale e quindi l'equivalenza tra campioni messi a disposizione da istituti metrologici di Paesi diversi.



Il **14 Ottobre 1999** è stato firmato dai massimi responsabili metrologici nazionali, nel quadro della XXI CGPM, il Mutual recognition arrangement (**MRA**)

L'MRA redatto dal CIPM è destinato ai direttori degli istituti metrologici Nazionali degli stati membri della convenzione stessa.

The CIPM MRA has now been signed by the representatives of 85 institutes – from Member States and Associates of the CGPM, and 3 [international organizations](#) – and covers a further 137 institutes designated by the signatory bodies

Gli **obiettivi** dell'accordo sono:

- stabilire il grado di equivalenza dei campioni di misura nazionali mantenuti dagli istituti metrologici nazionali
- provvedere al riconoscimento mutuo dei certificati di taratura e di misurazione emessi dagli istituti metrologici nazionali
- fornire in questo modo ai governi e ad altre parti un solido fondamento ad altri e più estesi accordi legati al commercio internazionale, agli affari ed alle attività di regolamentazione.

#### **Procedimento di attuazione**

- confronti internazionali di misurazioni, denominati confronti chiave
- confronti internazionali supplementari di misurazione
- messa in opera da parte degli istituti metrologici nazionali di sistemi di qualità e dimostrazione della propria competenza

#### **Risultato**

- Dichiarazione da parte di ciascun istituto delle proprie capacità di misurazione (CMC), che sono inserite in una base dati gestita dall'ufficio internazionale dei pesi e delle misure (BIPM) e pubblicamente accessibile tramite Web.

#### **Impegno**

I direttori degli istituti metrologici nazionali che firmano l'accordo di riconoscimento mutuo lo fanno con l'approvazione delle competenti autorità del loro paese, e pertanto:

- accettano i procedimenti, specificati nell'accordo, intesi a stabilire la base dati;
- riconoscono i risultati dei confronti chiave e supplementari inseriti nella base dati;
- riconoscono le capacità di misurazione e taratura degli altri istituti aderenti all'accordo, riportate nella base dati.

## 7.3 - Sistema Internazionale di unità di misura

### Grandezze fondamentali

Il Sistema Internazionale (sistema SI) definisce le unità fondamentali di misura che vengono universalmente adottate. Le unità fondamentali assunte nel sistema SI sono:

Grandezza fisica	Simbolo della grandezza	Nome dell'unità di misura	Simbolo dell'unità di misura
lunghezza	$l$	metro	m
massa	$m$	kilogrammo	kg
tempo	$t$	secondo	s
corrente elettrica	$I$	ampère	A
temperatura	$T$	kelvin	K
quantità di sostanza	$n$	mole	mol
intensità luminosa	$i_v$	candela	cd

### Definizioni delle unità fondamentali

- 1) - Il **metro** è la distanza percorsa dalla luce nel vuoto durante un intervallo di tempo pari a  $1/299\,792\,458$  di secondo. Questa definizione risale al 1983; antecedentemente la storia del metro lo ha portato in verità a mutare la propria definizione più volte:

### Il metro nella storia

Nel 1790, Talleyrand presentò all'Assemblea nazionale francese la sua proposta, appoggiata da tutti gli scienziati, di trovare una nuova unità di misura tratta dalla natura, tale da superare gli interessi particolari di ogni nazione e passare, come disse, dall'era dei "due pesi e due misure", simbolo stesso di disuguaglianza, al mondo dell'unità e dell'uguaglianza.

Dal dibattito che ne seguì, emersero tre possibilità:

- prendere come base la lunghezza di un pendolo che battesse esattamente il secondo alla latitudine di  $45^\circ$
- fare riferimento al quarto di circonferenza dell'equatore terrestre
- referirsi al quarto di circonferenza del meridiano terrestre.

La prima soluzione venne scartata per le difficoltà di misurare esattamente un secondo e per la variazione dell'intensità della gravità da luogo a luogo, la seconda per le estreme difficoltà di accesso alle zone equatoriali.

L'Accademia delle Scienze di Parigi alla fine optò per il metro, pari alla decimilionesima parte dell'arco del "meridiano di Parigi", il meridiano terrestre che collega il Polo Nord con l'Equatore, passando vicinissimo a Parigi.

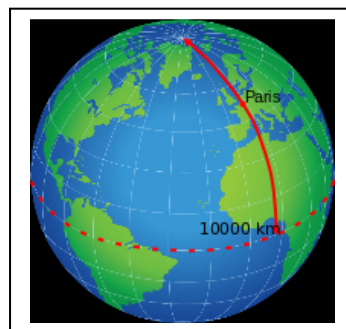
Nel 1792, con la Monarchia al tramonto e all'alba della Rivoluzione, l'Assemblea legislativa incaricò due astronomi, Pierre Méchain et Jean-Baptiste Delambre, di procedere alla misura di quello che venne battezzato il Meridiano, nella parte che correva tra Dunkerque e Barcellona. I due scienziati, con i loro assistenti, partirono nelle due direzioni opposte, Méchain verso il Sud e Delambre a Nord. Tempo sette mesi, dichiararono fiduciosi, e sarebbero tornati con le misure esatte, necessarie per determinare la lunghezza del metro. Ma i due scienziati non avevano fatto i

conti con la Rivoluzione e il loro viaggio in realtà durò sette anni. Divenne un viaggio nella storia, con avventure di ogni genere. Le misurazioni che dovevano eseguire, con il metodo delle "triangolazioni", prevedevano la realizzazione di stazioni di rilevamento, poste in luoghi elevati. Dovettero quindi arrampicarsi su campanili, castelli, torri e, se questi non esistevano, furono costretti a costruire alte piattaforme, sulle quali sistemare i loro delicati strumenti.

Una curiosità: quale unità di misura usarono Delambre e Méchain per le loro rilevazioni, visto che il metro non esisteva ancora? La "tesa del Perù", un regolo di ferro che si conserva tuttora nel Museo Astronomico dell'Osservatorio di Parigi. I due scienziati viaggiavano a bordo di due carrozze ramate speciali, con i sedili che si potevano trasformare in un letto a due piazze, le pareti disseminate di nicchie in cui si trovavano termometri, orologi a pendolo, igrometri, compassi, cannocchiali e altri strumenti il cui funzionamento era noto soltanto ai due scienziati. Inoltre affermavano di voler misurare la Terra, anzi di voler trovare una misura, il metro, che non esisteva nella realtà, ma soltanto nei loro pensieri e questo insospettiva ovviamente gli abitanti delle cittadine in cui si fermavano, procurando parecchi guai. Le loro carte vennero distrutte, furono incarcerati, presi a botte, inseguiti da contadini che, eccitati dal clima rivoluzionario, avrebbero voluto vederli alla ghigliottina. Nel 1799, dopo tante disavventure, tra guerre e rivoluzioni, i due astronomi consegnarono all'Assemblea i risultati del loro lavoro, in base al quale venne costruito un regolo in platino, della lunghezza prestabilita, denominato successivamente metro legale. Napoleone dichiarò: "Le conquiste militari vanno e vengono, ma questo lavoro durerà per sempre". Si sbagliava: il nuovo sistema suscitò una profonda diffidenza e Napoleone fu costretto a restituire ai francesi le unità di misura dell'Ancien Régime. Fu soltanto verso la metà dell'Ottocento che la Francia e via via le altre nazioni, compresa l'Italia, passarono al sistema decimale, ma i vecchi sistemi resistettero per parecchi anni, praticamente per tutto il ventesimo secolo, creando ancora notevoli disagi.

### Riassunto delle tappe del metro

1793: Il metro è la unità di lunghezza rappresentata dalla decimilionesima parte del semimeridiano terrestre passante per Parigi e si chiamerà metro, dalla parola greca metron (misura). (commissione composta da C. Borda, A. Condorcet, G.-L. Lagrange, P.-S. Laplace, G. Monge) incaricata dall'Accademia francese delle scienze, su incarico dell'Assemblea Costituente, allo scopo di stabilire un'unità di misura universale delle lunghezze



1799: Delambre e Mechain

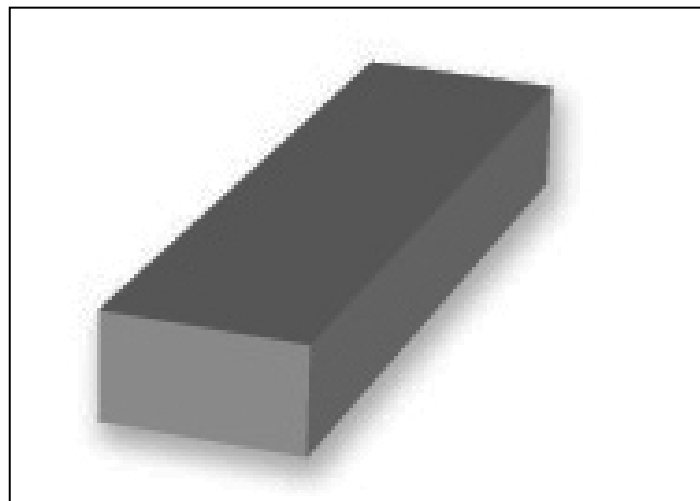


**Delambre**



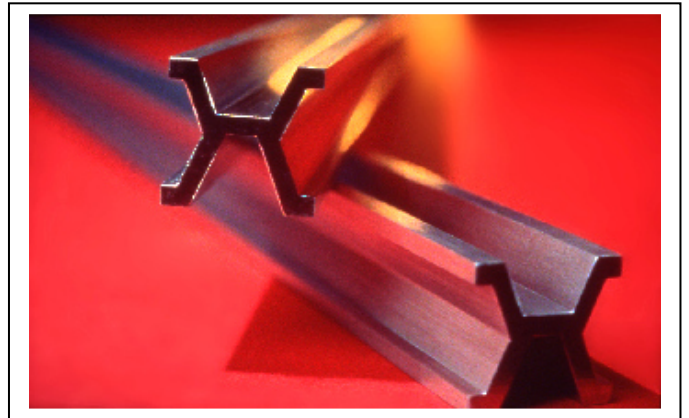
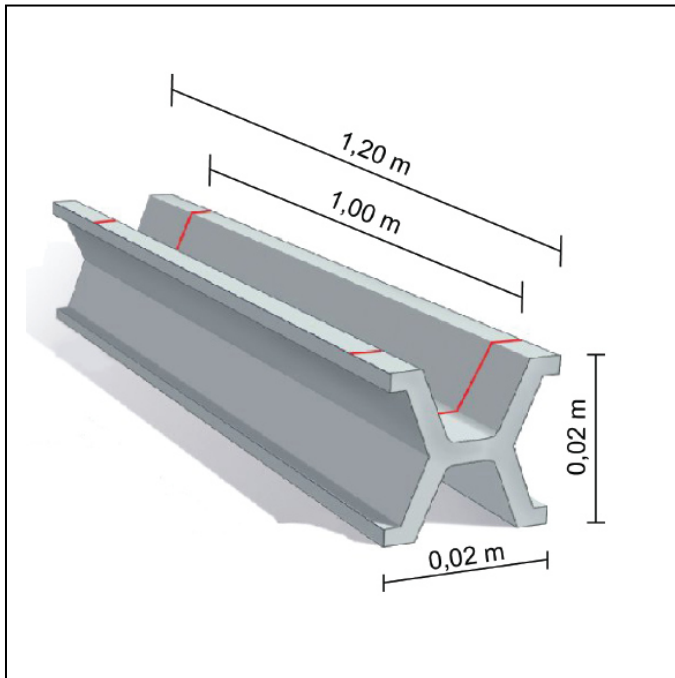
**Méchain**

incaricati nel 1792 come responsabili scientifici per la misura del meridiano (da Dunkerque a Barcellona, visto che una parte era già stata misurata da Jeane Dominique Cassini) consegnano la relazione dei loro rilievi ed ispirandosi a questi si realizza Il metro legale costituito dalla distanza fra le facce terminali di un campione materiale di platino a sezione rettangolare 25.3 mm x 4mm conservato a 0°C e misurato in direzione ortogonale al piano delle facce. (riferimento *Il Meridiano* di Denis Guedj)

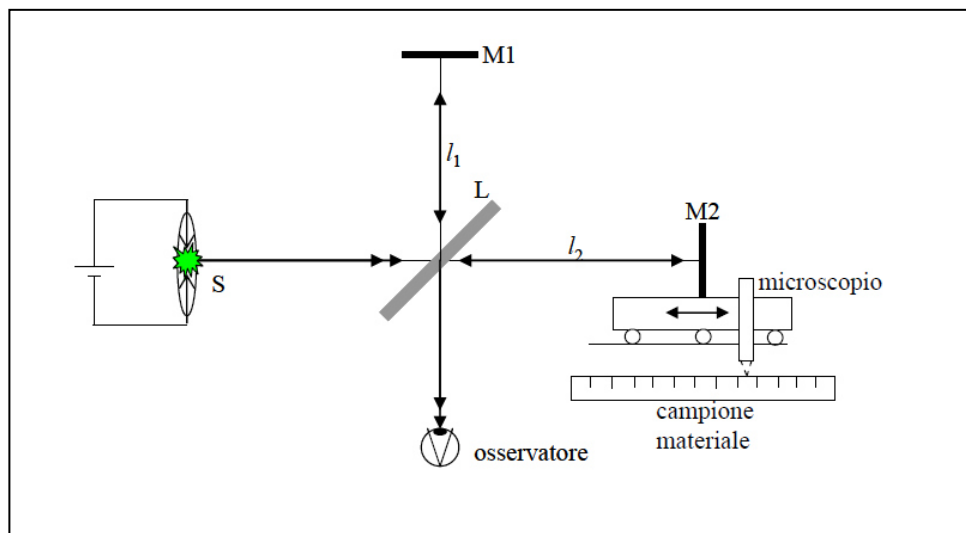




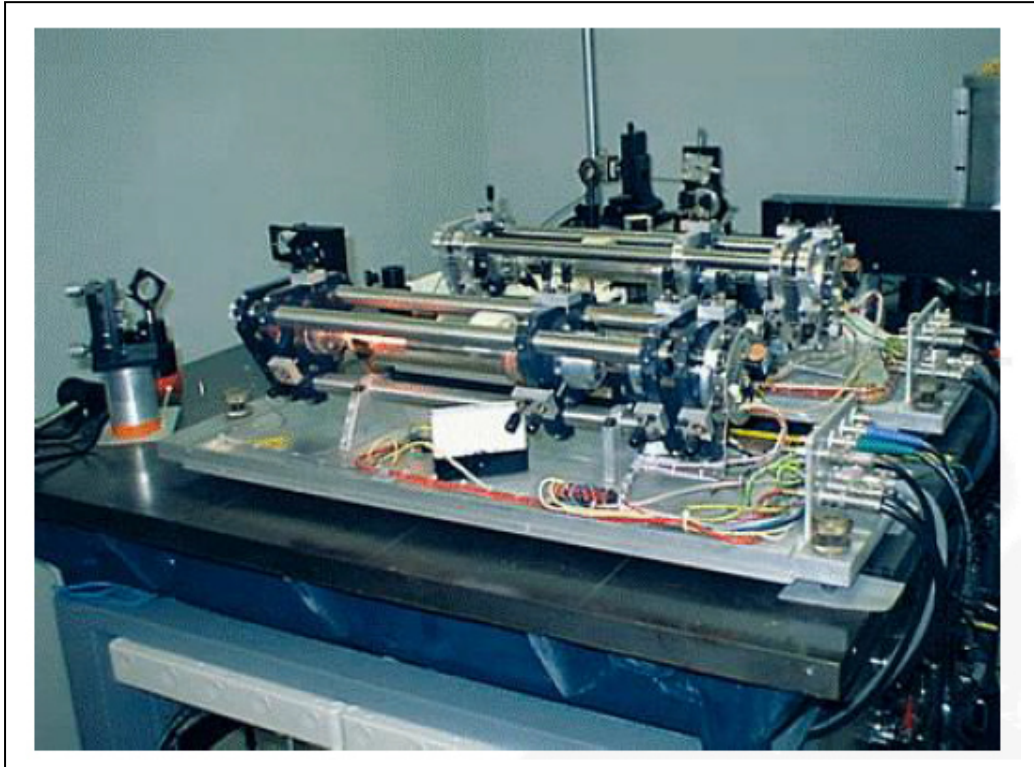
1889: Il metro è la distanza a 0° C degli assi dei due tratti mediani tracciati sulla barra in platino iridio depositata presso il BIPM e dichiarata prototipo del metro dalla 1° CGPM (Tale campione, detto m. campione o m. degli archivi, è conservato dal 1889 presso il Bureau international des poids et mesures di Sèvres; esso è in realtà di 0,2288 mm più corto della quarantamilionesima parte del meridiano terrestre)



1960: Il metro è la lunghezza uguale a 1 650 763,63 lunghezze d'onda, nel vuoto, della radiazione corrispondente alla transizione tra due livelli dell'atomo di Kripto 86



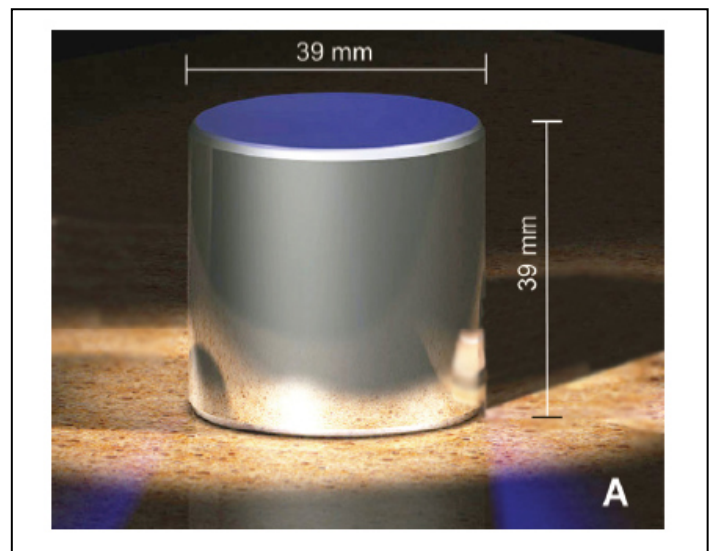
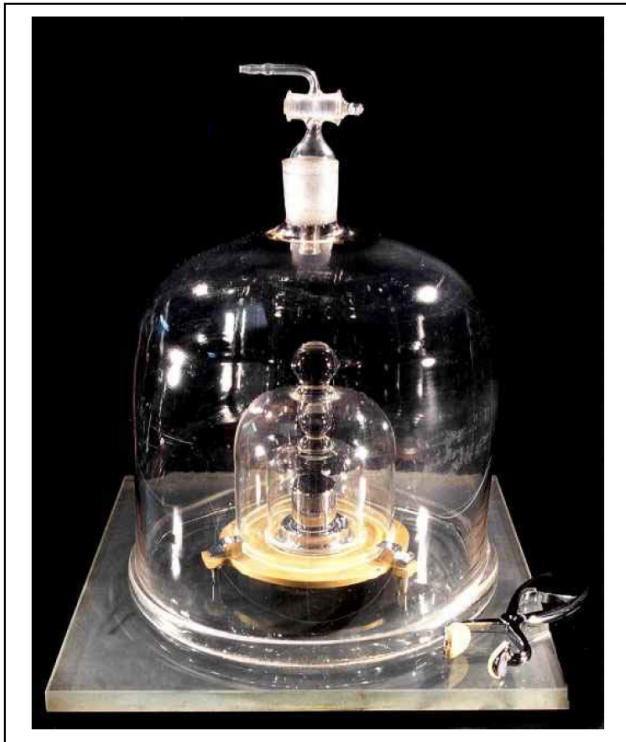
1983: con la XV CGPM nel 1975 si stabilì, dopo complesse misure astronomiche la velocità della luce (e di ogni forma di radiazione elettromagnetica) ed in conseguenza di ciò la XVII CGPM ridefinì il metro come: la lunghezza del tragitto compiuto dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo  $1/299792458$  di secondo



Il campione nazionale è realizzato presso l'IMGC-CNR mediante laser elio-neon stabilizzati per riferimento a transizioni della molecola dello iodio. Il valore della lunghezza d'onda ( $\lambda = 632,99139822$  nm) è ricavato da una misura di frequenza rispetto al campione di tempo in base alla relazione  $\lambda=c_0/f$ , con un'incertezza tipo relativa di  $2,5 \cdot 10^{-11}$ .

2) - Il **kilogrammo** è la massa del prototipo internazionale conservato a Sevres. Storicamente, è nato tuttavia come la massa di un litro (decimetro cubo) di acqua distillata alla temperatura di 4 C. Il chilogrammo è pari a mille grammi (simbolo: g).

La conservazione del prototipo internazionale è realizzata con i più rigorosi criteri: viene utilizzato un sotterraneo blindato, per la cui apertura occorre l'uso contemporaneo di tre diverse chiavi, custodite da tre personalità del Bureau international des poids et mesures. L'apertura avviene previa autorizzazione del Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure.

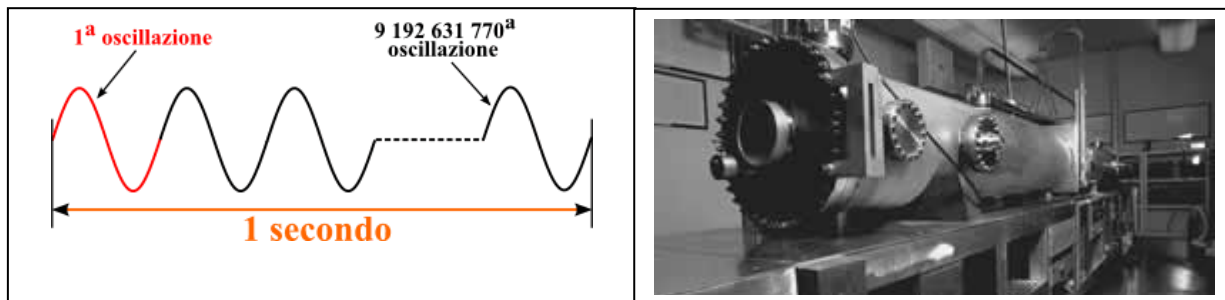


Le condizioni di temperatura, pressione e umidità sono costanti e si evita il contatto con la polvere tenendo il prototipo sotto tre campane di vetro. Tale prototipo viene usato per le comparazioni (circa tre volte al secolo). Altri campioni dell'unità di massa, realizzati per gli stati aderenti alla Convenzione del Metro differiscono dal capostipite per  $\pm 0,3$  mg. Sei di tali campioni servono a ricostruire il prototipo internazionale nel malaugurato caso questo dovesse divenire inservibile

Il campione nazionale è la copia n. 62 del prototipo internazionale conservato presso l'IMGC, con il suo testimone n. 76. Presso il Ministero Attività Produttive esistono anche le copie n. 5 e n. 19 denominate rispettivamente Prototipo nazionale del primo e del secondo ordine, impiegati in metrologia legale.

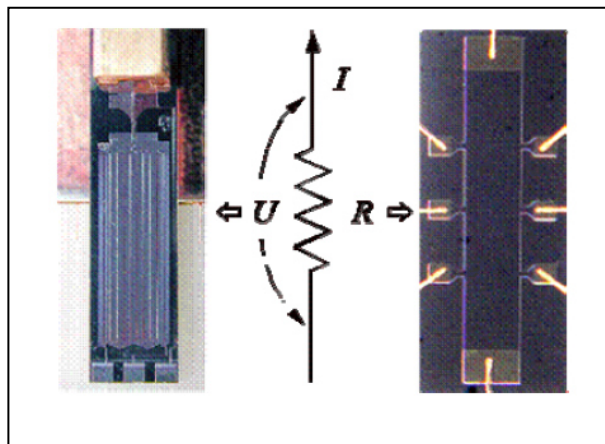
- 3) - Il **secondo** è la durata di 9 192 631 770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione fra due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di Cesio 133.

Alla fine del XVIII secolo il secondo fu definito come la 86400a parte del *giorno solare medio*; purtroppo il moto di rotazione è influenzato dalle maree, venti e terremoti ecc. quindi il campione risultava poco preciso. Si passò allora al giorno sidereo medio, ma anche il moto di rivoluzione non è rigorosamente costante (il secondo sidereo era 0,977 volte il secondo solare). Nel 1960 si definì il secondo come frazione  $1/31556925,9747$  dell'anno tropico 1900, (in questo modo il campione era invariabile, ma non riproducibile). La necessità di legare il tempo alla fisica atomica si concretizzò con la definizione attuale che risale al 1967



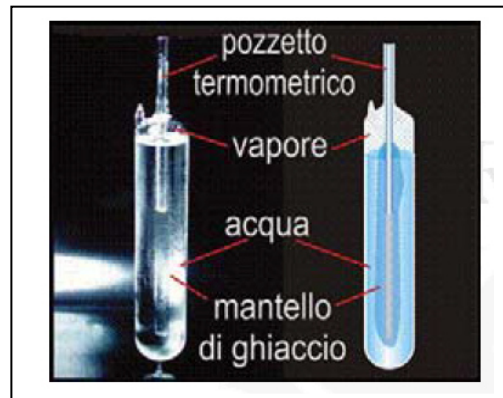
La scala di tempo nazionale è derivata presso l'IEN da un insieme di orologi atomici al cesio indipendenti ed è controllata via satellite con le scale tempo degli altri Paesi. Essa è mantenuta entro  $\pm 100$  ns rispetto al riferimento internazionale UTC (Unified Time Coordinated). L'unità di tempo è realizzata presso l'IEN con una incertezza tipo relativa di  $1 \times 10^{-13}$ .

- 4) - L'**ampere** è quella corrente costante che mantenuta in due conduttori rettilinei e paralleli, di lunghezza infinita e sezione circolare trascurabile, posti a un metro di distanza nel vuoto, produce fra tali conduttori una forza di  $2 \times 10^{-7}$  N per metro di lunghezza.



L'unità di corrente è derivata presso lo IEN dal campione nazionale di corrente elettrica (schiera di giunzioni Josephson) e di resistenza elettrica (dispositivo per l'effetto Hall quantistico). La derivazione avviene secondo la relazione  $I = U/R$  tra la corrente elettrica  $I$ , la tensione  $U$  che essa produce attraversando una resistenza  $R$  e la stessa resistenza. L'incertezza tipo relativa è di  $5 \times 10^{-7}$ .

- 5) - Il **kelvin** è la frazione di  $1/273,16$  della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua. In condizioni definite (purezza acqua e pressione)

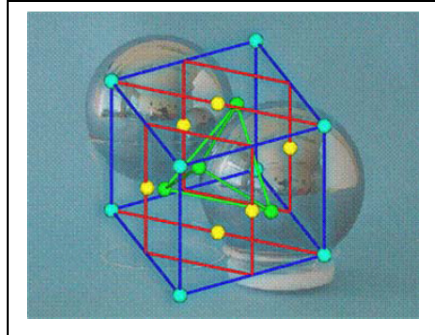


Il punto triplo dell'acqua è realizzato all'IMGC con una incertezza tipo relativa di  $3 \times 10^{-7}$ . La Scala di Temperatura Internazionale del 1990 (STI 90) che definisce sia le Temperature Internazionali kelvin, simbolo  $T_{90}$ , che le Temperature Internazionali Celsius, simbolo  $t_{90}$ , è realizzata nell'intervallo da 25 K a 3000 K utilizzando 12 punti fissi e due tipi di termometri campione, a resistenza elettrica di platino tra 25 K e 1235 K ed a radiazione tra 1235 K e 3000 K.

Per punto triplo di una sostanza si intende lo stato termodinamico in cui sono in equilibrio le tre fasi liquida, solida e gassosa.

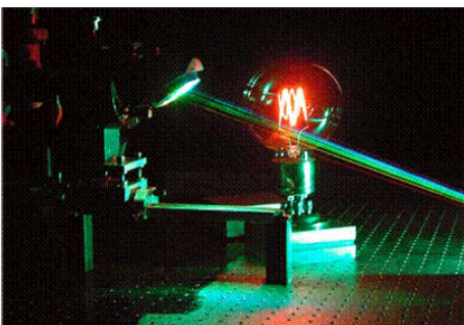
La temperatura è l'unica grandezza fondamentale che non utilizza multipli e sottomultipli, nonostante che in natura si abbiano gamme di temperatura assai ampie: il punto triplo dell'ossigeno è  $54,3584 \text{ K}$  ( $= -218,8016 \text{ }^\circ\text{C}$ ), il ferro fonde a  $1808 \text{ K}$ , la fotosfera (strato dell'atmosfera solare corrispondente al disco visibile) ha una temperatura di circa  $6000 \text{ K}$ . In conseguenza di ciò per i millesimi di grado difficilmente si parla di "millikelvin (mK)"; ad esempio per due temperature che differiscono di  $0,123 \text{ K}$  non si dirà che differiscono di  $123 \text{ mK}$  ma si dirà che differiscono di  $123$  millesimi di kelvin.

- 6) - La **mole** è la quantità di sostanza di un sistema il quale contiene un numero di entità elementari pari a quelle contenute in 0,012 kilogrammi di Carbonio 12.  
 (Quando si usa la mole, le entità elementari devono essere specificate e possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, o altre particelle specificate o gruppi di esse).



Il numero di entità fondamentali contenuti in una mole corrisponde alla “costante di Avogadro” che è stata determinata anche presso l’IMGC da misure di massa volumica e di costante reticolare (interferometria a raggi X) su monocristalli di silicio molto puro. La costante di Avogadro,  $N_A = 6,022\ 141\ 99 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  è nota con incertezza tipo relativa di  $7,9 \times 10^{-8}$  (CODATA 1998).

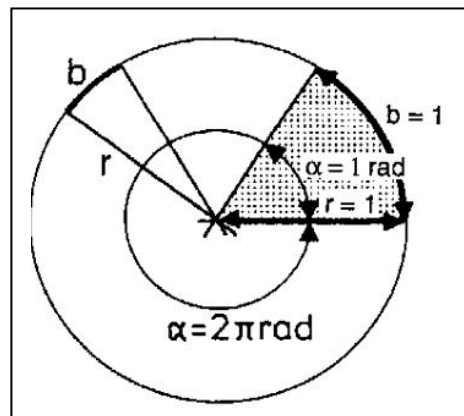
- 7) - La **candela** è l’intensità luminosa, in una data direzione, di una sorgente che emette una radiazione monocromatica alla frequenza di  $540 \times 10^{12}$  hertz e che ha una potenza luminosa, in quella direzione, di 1/683 watt per steradiante.



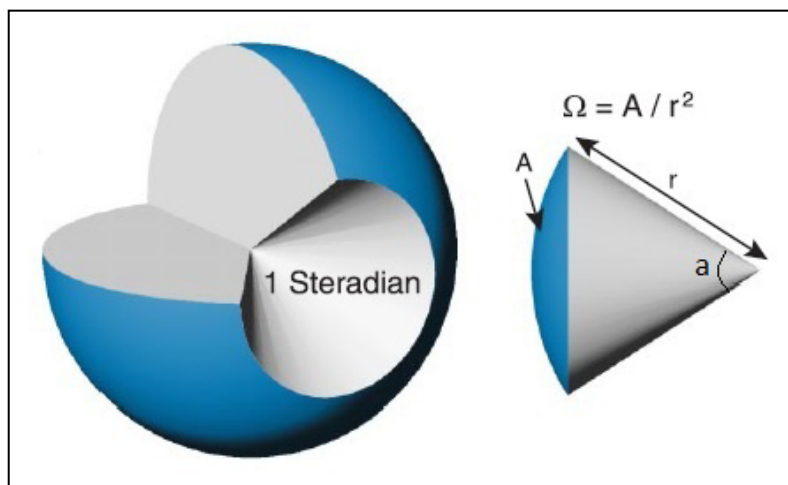
L’unità di intensità luminosa è realizzata presso l’IEN per derivazione dal campione nazionale di tensione elettrica e di resistenza elettrica mediante un radiometro assoluto; essa è conservata mediante un gruppo di lampade di corrente costante. L’incertezza tipo relativa è di  $5 \times 10^{-3}$  per intensità luminosa da 100 a 500 cd.

Vengono inoltre definite le unità di misura angolari:

- angolo piano (radiante, rad): è l'angolo al centro sotteso da un arco di circonferenza di lunghezza pari al raggio (1 angolo giro =  $2\pi$  radianti).



- angolo solido (steradiante, sr): in una sfera di raggio unitario, è l'angolo al centro sotteso da una calotta di superficie pari a 1 metro quadrato (1 angolo sferico =  $4\pi$  steradiani).



### Multipli e sottomultipli

Qualora le unità di misura appaiano troppo grandi o troppo piccole in relazione alla grandezza da misurare si adottano multipli o sottomultipli:

$10^n$	Prefisso	Simbolo	Nome	Equivalente decimale
$10^{24}$	yotta	Y	Quadrilione	1 000 000 000 000 000 000 000 000
$10^{21}$	zetta	Z	Triliardo	1 000 000 000 000 000 000 000
$10^{18}$	exa	E	Trilione	1 000 000 000 000 000 000
$10^{15}$	peta	P	Biliardo	1 000 000 000 000 000
$10^{12}$	tera	T	Bilione	1 000 000 000 000
$10^9$	giga	G	Miliardo	1 000 000 000
$10^6$	mega	M	Milione	1 000 000
$10^3$	kilo o chilo	k	Mille	1 000
$10^2$	etto	h	Cento	100
10	deca	da	Dieci	10
$10^{-1}$	deci	d	Decimo	0,1
$10^{-2}$	centi	c	Centesimo	0,01
$10^{-3}$	milli	m	Millesimo	0,001
$10^{-6}$	micro	$\mu$	Milionesimo	0,000 001
$10^{-9}$	nano	n	Miliardesimo	0,000 000 001
$10^{-12}$	pico	p	Bilionesimo	0,000 000 000 001
$10^{-15}$	femto	f	Biliardesimo	0,000 000 000 000 001
$10^{-18}$	atto	a	Trilionesimo	0,000 000 000 000 000 001
$10^{-21}$	zepto	z	Triliardesimo	0,000 000 000 000 000 000 001
$10^{-24}$	yocto	y	Quadrilionesimo	0,000 000 000 000 000 000 000 001



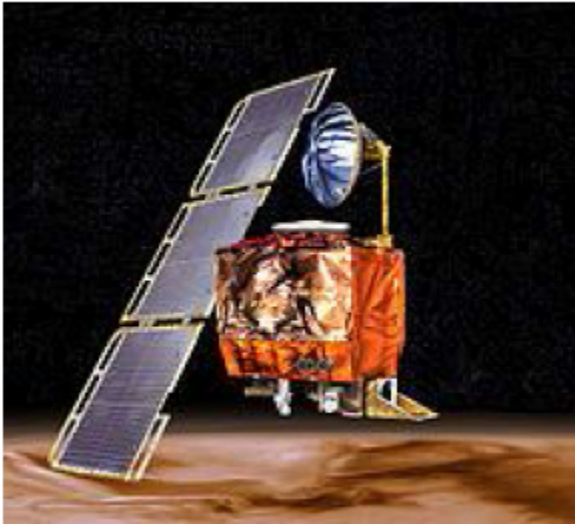
**Grandezze fisiche ed Unità derivate**

Sono grandezze fisiche definibili partendo dalle grandezze fondamentali mediante relazioni analitiche:

Derived quantity	Name of derived unit	Symbol for unit	Expression in terms of other units
plane angle	radian	rad	$m/m = 1$
solid angle	steradian	sr	$m^2/m^2 = 1$
frequency	hertz	Hz	$s^{-1}$
force	newton	N	$m\ kg\ s^{-2}$
pressure, stress	pascal	Pa	$N/m^2 = m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
energy, work, amount of heat	joule	J	$N\ m = m^2\ kg\ s^{-2}$
power, radiant flux	watt	W	$J/s = m^2\ kg\ s^{-3}$
electric charge	coulomb	C	$s\ A$
electric potential difference	volt	V	$W/A = m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
capacitance	farad	F	$C/V = m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
electric resistance	ohm	$\Omega$	$V/A = m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-2}$
electric conductance	siemens	S	$A/V = m^{-2}\ kg^{-1}\ s^3\ A^2$
magnetic flux	weber	Wb	$V\ s = m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
magnetic flux density	tesla	T	$Wb/m^2 = kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
inductance	henry	H	$Wb/A = m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
Celsius temperature	degree Celsius	$^{\circ}C$	K
luminous flux	lumen	lm	$cd\ sr = cd$
illuminance	lux	lx	$lm/m^2 = m^{-2}\ cd$
activity referred to a radionuclide	becquerel	Bq	$s^{-1}$
absorbed dose	gray	Gy	$J/kg = m^2\ s^{-2}$
dose equivalent	sievert	Sv	$J/kg = m^2\ s^{-2}$
catalytic activity	katal	kat	$s^{-1}\ mol$

## L'importanza delle unità di misura

Il Mars Climate Orbiter (inizialmente noto come Mars Surveyor Orbiter '98) fa parte della coppia di sonde del programma Mars Surveyor, assieme al Mars Polar Lander (una volta chiamato Mars Surveyor Lander '98). La missione delle due sonde era di studiare la meteorologia, il clima e le quantità di acqua e di anidride carbonica del pianeta Marte. Lo scopo era di comprendere le riserve, il comportamento e il ruolo atmosferico delle sostanze volatili e cercare le prove di cambiamenti climatici a lungo termine.



Il Mars Climate Orbiter venne distrutto quando, invece di posizionarsi ad una altezza di 140—150 km dalla superficie di Marte, si inserì nell'atmosfera marziana ad una altezza di soli 57 km.

La sonda venne distrutta dagli stress causati dall'attrito presente a quella altezza con l'atmosfera.

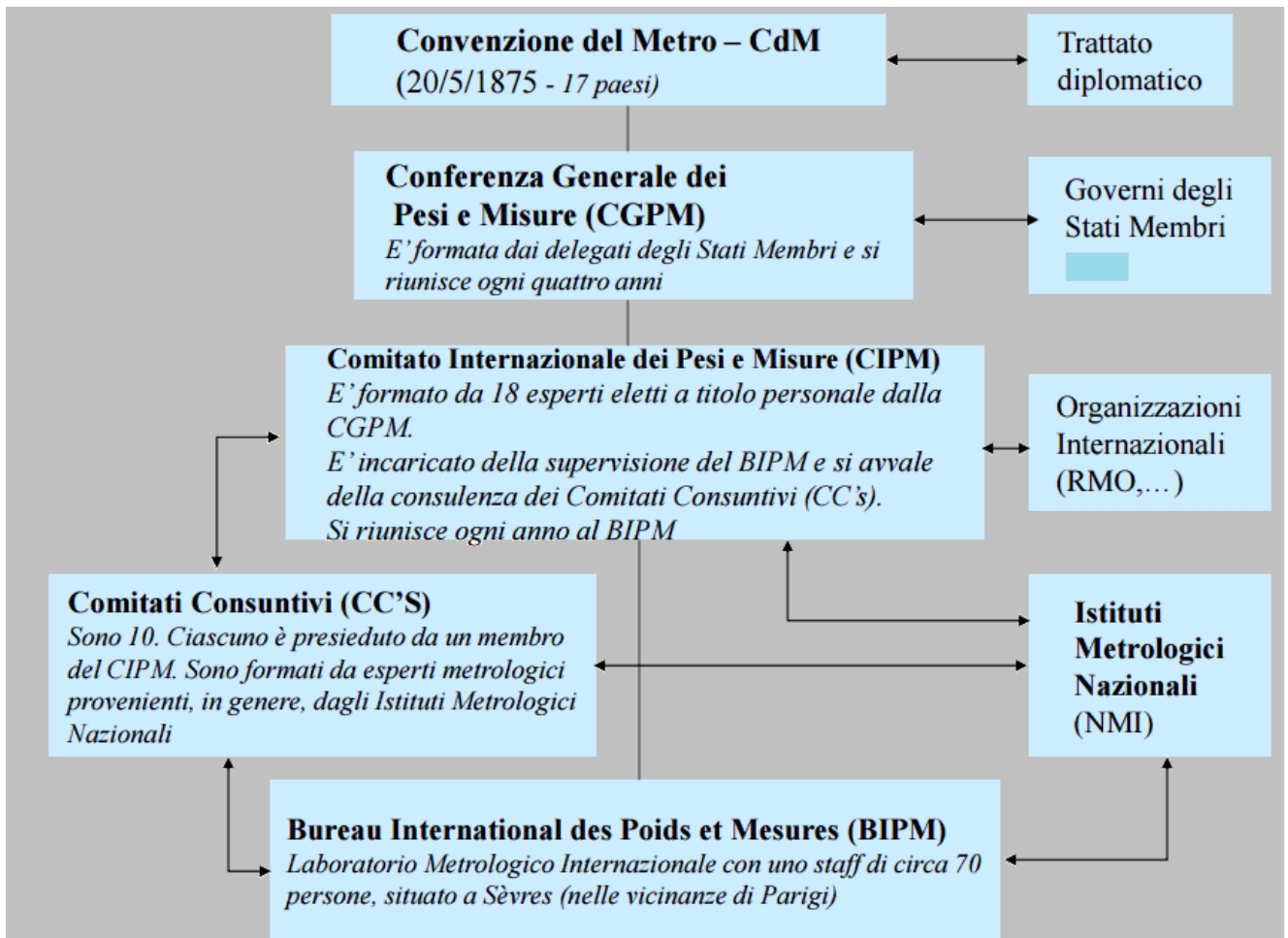
Si scoprì che alcuni dati erano stati calcolati a Terra in base **all'unità di misura del sistema imperiale (libbra-forza/secondi)**, e riferiti al team di navigazione che invece si aspettava i dati espressi in unità di misura del **Sistema metrico decimale (newton/secondi)** [1].

La sonda non era in grado di effettuare conversioni tra le due unità di misura. Il costo totale della missione, tra satellite e sonda sul terreno, fu di 328 milioni di dollari



In rosso gli Stati in cui il sistema internazionale non è stato adottato come unico o principale sistema di misurazione: gli [Stati Uniti](#), la [Liberia](#) e la [Birmania](#)

## Ordinamento metrologico internazionali



**CGPM** = Conférence Générale des Poids et Mesures (Conferenza Generale dei Pes e delle Misure)

**CIPM** = Comité International des Poids et Mesures (Comitato Internazionale dei Pes e delle Misure)

**BIPM** = Bureau International des Poids et Mesures (Ufficio Internazionale dei Pes e delle Misure)

Lo Scopo del Bipm è quello di garantire uniformità mondiale nelle misure e la loro riferibilità al sistema internazionale (SI) questo compito viene svolto con l'autorizzazione della

## 7.4 - La Metrologia in Italia e il sistema nazionale di taratura

In Italia, fino agli anni '70 gli Istituti Primari hanno effettuato direttamente nei propri laboratori la taratura della strumentazione industriale.

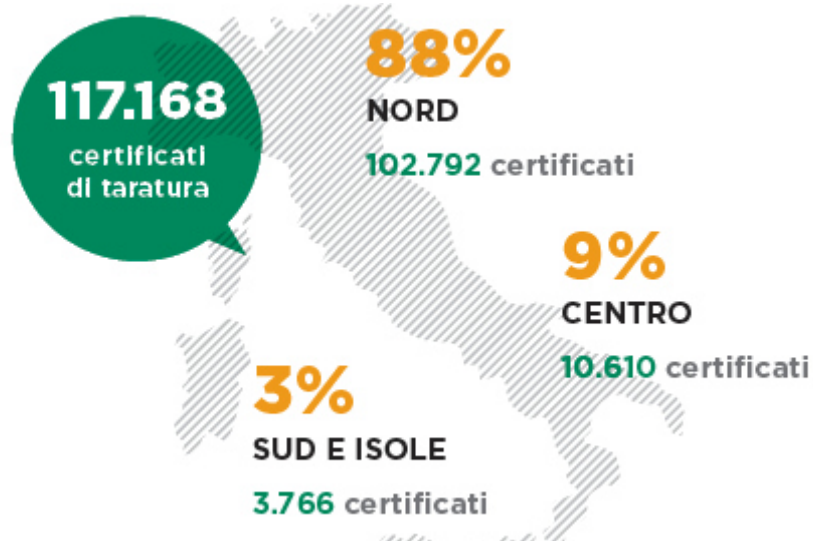
In breve risultò evidente che lo sviluppo del commercio internazionale e l'apertura dei mercati avrebbero richiesto un'attività sempre maggiore e decentrata, insostenibile con l'attività diretta degli Istituti Primari.

Vennero pertanto presi accordi a livello europeo per la creazione di organismi che potessero far fronte alla crescente mole di lavoro di taratura.

In tal modo, al fine di assicurare omogeneità nell'attività di taratura, vennero riconosciute da parte degli Istituti Primari nazionali competenze metrologiche ad altri laboratori accreditati.

A partire dal 1979 gli Istituti metrologici primari IMGC/CNR, IEN e INMRI/ENEA, per mezzo delle loro Strutture di Accreditamento, coordinate dalla Segreteria Centrale del SIT, hanno effettuato l'accREDITAMENTO di numerosi Laboratori metrologici secondari quali Centri di taratura, costituendo così il "SIT - SERVIZIO DI TARATURA IN ITALIA".

Di seguito il numero di certificati di taratura emessi nel 2015 dai centri accreditati



Un fatto di grande rilievo per l'Italia, è costituito dalla legge 11/08/1991 n. 273. pubblicata sulla gazzetta ufficiale n.199 del 26 agosto 1991 che decretava la nascita del Sistema Nazionale di Taratura

Secondo tale legge il sistema è costituito da:

- Istituti Metrologici Primari (IMP)
- Centri di Taratura

che hanno il compito di assicurare la catena di riferibilità delle misurazioni ai campioni nazionali (in parole povere il corretto funzionamento degli strumenti di misura)

Successivamente il Decreto Ministeriale 30 novembre 1993, n. 591 attuando il Regolamento sui campioni nazionali di unità di misura del Sistema Internazionale (SI)

Vengono identificati un complesso di 25 campioni nazionali e precisa, per ogni campione:

- a) L'istituto che provvede alla sua realizzazione
- b) il metodo di realizzazione;
- c) i campioni di misura, apparato o apparati per la conservazione;
- d) incertezza con cui il campione nazionale è conservato
- e) il valore o il campo di valori a cui è associata tale incertezza.

I campioni nazionali costituiscono l'elemento di raccordo tra la struttura metrologica italiana e quella di altri Paesi, e partecipando ai confronti internazionali, assicurano l'armonizzazione delle misure in un ambiente più ampio di quello nazionale.

Con deliberazioni del dicembre 2003 IMGC/CNR e IEN hanno trasferito la responsabilità e il controllo dell'accreditamento al Responsabile della Segreteria Centrale del SIT. Dal maggio 2004 tale autorità è stata estesa per le attività che riguardano ogni tipo di Laboratorio di taratura, per qualunque tipo di grandezza fisica.

Il 1° gennaio 2006 è diventato operativo l'INRIM, Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, che ha unificato IEN e IMGC/CNR.

Il SIT è stato collocato nel Servizio accreditamento laboratori, previsto dal Regolamento di organizzazione e funzionamento dell'INRIM, è stato dotato di autonomia organizzativa e funzionale, ha espletato i suoi compiti in modo da garantire i requisiti stabiliti dalla normativa nazionale ed internazionale, nonché la partecipazione agli accordi di mutuo riconoscimento.

Il 20 marzo 2009 è stata costituita la Società Consortile a responsabilità limitata denominata "Consorzio Pubblico per l'accreditamento (COPA SCrI)". La Società consortile non ha scopo di lucro e si proponeva di promuovere le attività di accreditamento con particolare attenzione ai settori che hanno ricaduta pubblica o di pubblica utilità. I soci erano tutti enti pubblici, l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM), l'Istituto Superiore di Sanità (ISS), il Politecnico di Torino, il Politecnico di Milano e l'Università di Cassino. Con la fondazione di COPA SCrI il SIT diventò una unità operativa ed in grado di assicurare la piena autonomia, formale e sostanziale, del suo operare e delle sue decisioni e la rispondenza ai requisiti previsti dalla normativa internazionale e dal Regolamento europeo 765/2008.

Una seconda unità operativa di COPA, denominata ORL, operava a Roma presso l'Istituto Superiore di Sanità accreditando laboratori di prova nel campo della sicurezza alimentare, ancora al di fuori degli accordi di mutuo riconoscimento internazionali.

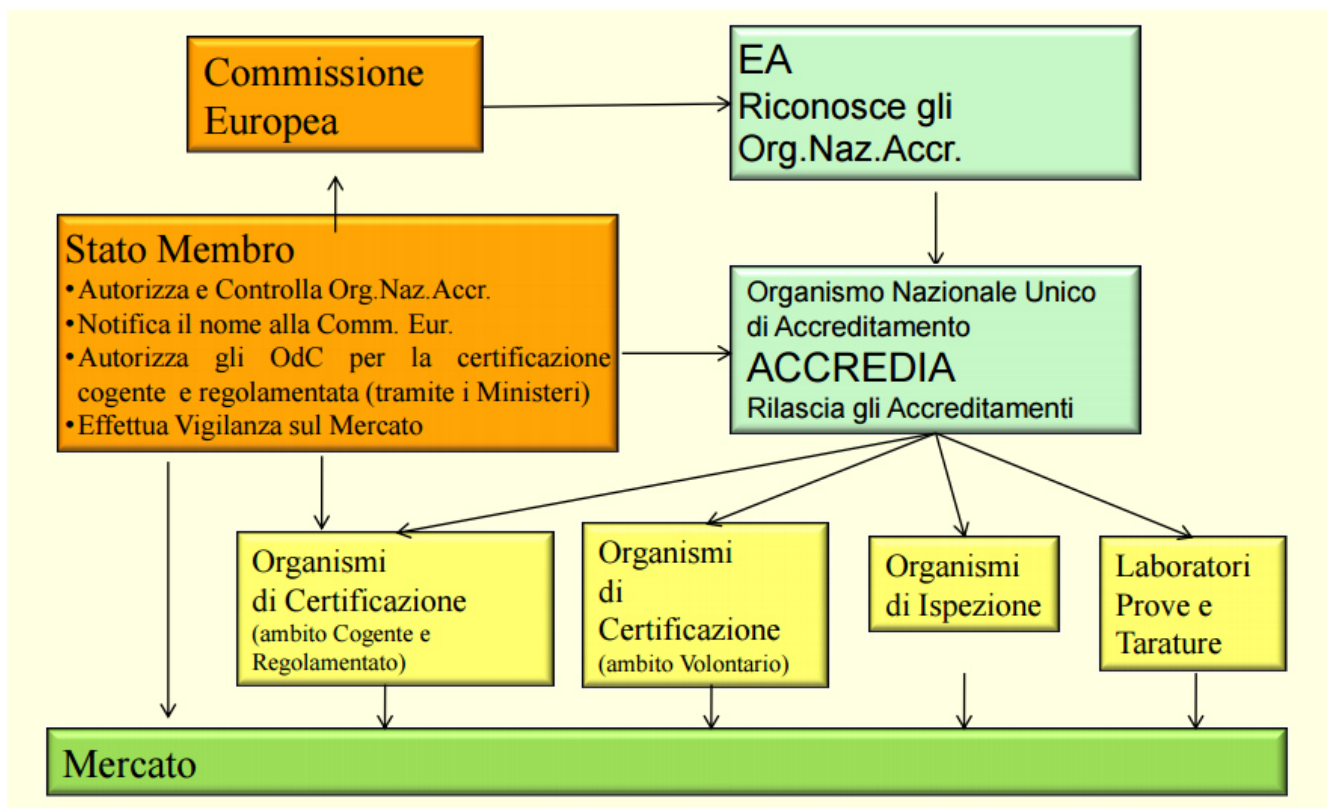
### 7.4.1 Accredia

Lo stato Italiano il 22 Dicembre 2009 attribuisce ad ACCREDIA e non al Copa la qualifica di Ente unico nazionale di accreditamento.

Accredia è una Associazione senza scopo di lucro nata dalla fusione di SINAL e SINCERT.

Con ACCREDIA l'Italia si è adeguata al Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio n. 765, del 9 luglio 2008, che dal 1° gennaio 2010 è applicato per l'accREDITamento e la vigilanza del mercato in tutti i Paesi UE.

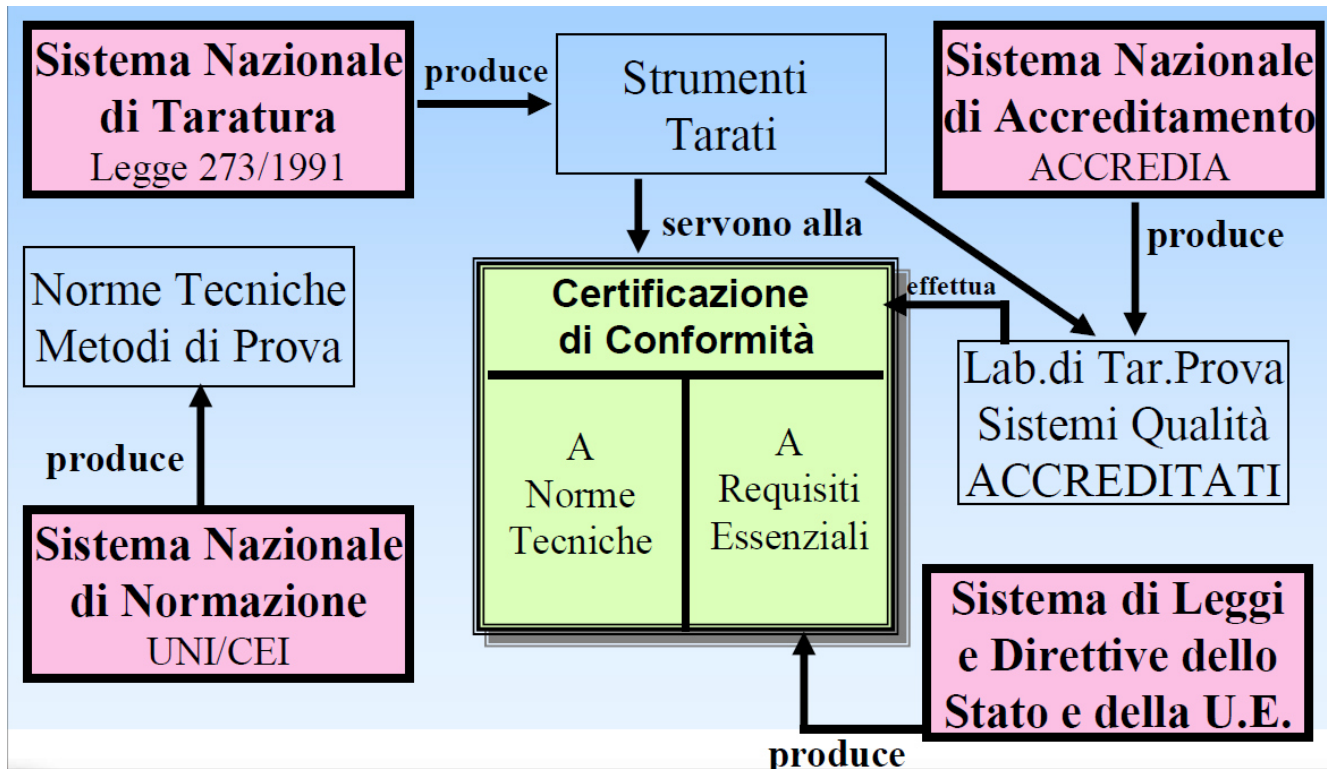
Ogni Paese europeo **ha il suo Ente di accreditamento**. L'Ente Nazionale è responsabile per l'accREDITamento in conformità agli standard internazionali della serie ISO 17000 e alle guide e alla serie armonizzata delle norme europee EN 45000. Tutti gli Enti operano senza fini di lucro.



Le attività dell'Ente si articolano in tre Dipartimenti:

- Certificazione e ispezione;
- Laboratori di prova;
- Laboratori di taratura.

ACCREDIA valuta la competenza tecnica e l'idoneità professionale degli operatori di valutazione della conformità (Laboratori e Organismi), accertandone la conformità a regole obbligatorie e norme volontarie, per assicurare il valore e la credibilità delle certificazioni.

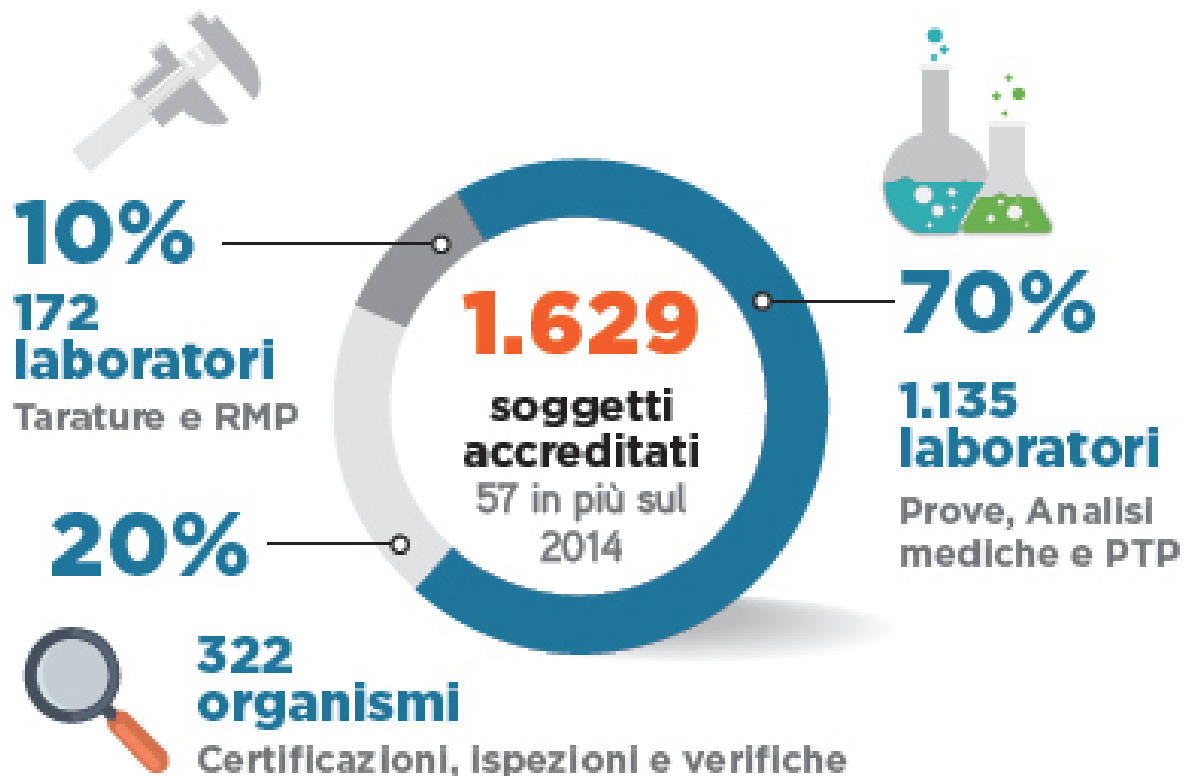


L'accreditamento è **un servizio svolto nell'interesse pubblico** perché gli utenti business e i consumatori finali, ma anche la Pubblica Amministrazione quando ricorre a fornitori esterni, possano fidarsi, fino all'ultimo anello della catena produttiva e distributiva, della qualità e sicurezza dei beni e dei servizi che circolano su un mercato sempre più globalizzato.

La fiducia reciproca tra il produttore e l'acquirente di un bene, tra il fornitore e l'utente di un servizio è una conquista per il funzionamento efficiente del mercato - o meglio dei mercati contemporanei, sul piano sia pubblico che privato, in ambito nazionale come internazionale.

L'accreditamento garantisce che i rapporti di prova e di ispezione e le certificazioni (di sistema, prodotto e personale) che riportano il marchio ACCREDIA siano rilasciate nel rispetto dei più stringenti requisiti internazionali in materia di valutazione della conformità, e dietro una costante e rigorosa azione di sorveglianza sul comportamento degli operatori responsabili (Laboratori e Organismi).

Dal rapporto di Accredia dell'anno 2015



#### 7.4.2 Accredia è un membro EA. ILAC

Gli Organismi di Accreditamento dei laboratori di taratura, in Europa, collaborano nell'EA e nell'ILAC, a livello mondiale.

Uno degli scopi più importanti di queste organizzazioni internazionali è quello di assicurare che ***i certificati di taratura emessi da qualunque laboratorio accreditato, siano accetti negli altri paesi.*** Questo implica che i laboratori e gli Organismi di Accreditamento debbano operare in modo compatibile.

Una valutazione positiva dell'Organismo di Accreditamento e dei risultati dei confronti interlaboratorio consente la firma dell'Accordo Multi Laterale EA (EA – MLA) e dell'Accordo di Mutuo Riconoscimento ILAC (ILAC-MRA) sulla mutua accettazione dei certificati di taratura. Questo significa che i certificati ufficiali di taratura (che riportano il marchio dell'Organismo di Accreditamento)



emessi da un laboratorio accreditato da uno dei firmatari dell'EA – MLA o dell'ILAC-MRA sono equivalenti ai certificati emessi dai laboratori accreditati da ogni altro firmatario.



Nota:

Nel 1997 l'organizzazione europea per l'accREDITamento degli organismi di certificazione cui fanno capo circa 10000 enti accREDITati fondano l'European co-operation for Accreditation (EA)

**ILAC** - the International Laboratory Accreditation Cooperation - is an international cooperation of laboratory and inspection accreditation bodies formed more than 30 years ago to help remove technical barriers to trade

### 7.4.3 L'accREDITamento dei Laboratori di taratura

L'accREDITamento garantisce la competenza, la professionalità, l'imparzialità dell'operato di una determinata struttura: centro di taratura, laboratorio di prova, organismo di certificazione. Apposite norme tecniche, ISO/IEC 17025 adottate a livello europeo, traducono tali generici principi in una serie di requisiti oggettivi misurabili.

In questo modo, il mercato può fondatamente nutrire fiducia nei confronti dei risultati delle prove eseguite dai laboratori e nei confronti dei prodotti e servizi certificati.

In alcuni casi, i processi di taratura, anziché essere sviluppati per attività di confronto, richiedono l'utilizzo di materiali di riferimento.

I materiali di riferimento trovano impiego in settori come le analisi chimiche in campo industriale, le analisi ambientali, le misure biologiche e per la salute.

Il Centro Nazionale per i Materiali di Riferimento (CNMR) è l'ente che fornisce tutte le informazioni sulla reperibilità dei materiali di riferimento.

Al fine di accREDITare un Laboratorio quale Centro di taratura (ora Laboratorio AccREDITato di Taratura), Accredia, avvalendosi di esperti degli Istituti primari nazionali ed internazionali utilizzati nella funzione di ispettori tecnici, applica procedure di accREDITamento, mantenimento, estensione o riduzione, rinnovo, sospensione o revoca dell'accREDITamento.

La procedura di accREDITamento iniziale si conclude con l'emissione di un Certificato di accREDITamento, in cui si attesta la competenza del Laboratorio ad effettuare tarature che assicurano nel tempo la riferibilità ai campioni nazionali o internazionali e riconosce al Laboratorio la facoltà di emettere certificati di taratura LAT (ex SIT), che presentano l'intestazione LAT – LABORATORIO ACCREDITATO DI TARATURA, per gli strumenti, i campi, le incertezze e le condizioni di misura specificate in un'apposita tabella di accREDITamento.

Questi certificati, che hanno la stessa validità tecnica di quelli rilasciati dagli Istituti metrologici primari, naturalmente tenendo conto dei livelli d'incertezza dichiarati, garantiscono la riferibilità della strumentazione tarata. Essi hanno trovato una favorevole accoglienza non solo a livello nazionale, ma anche in misura crescente a livello internazionale, grazie agli accordi di mutuo riconoscimento ACCREDIA e gli analoghi Organismi di accREDITamento di Paesi diversi. La riferibilità della strumentazione è richiesta in misura crescente nei più diversi settori: attività di ricerca e sviluppo, laboratori di prova addetti alla certificazione tecnica dei prodotti, sistemi per il controllo automatico di processi di produzione, aziende che operano in regime di assicurazione della qualità e pubbliche amministrazioni.

Le misure, per quanto detto costituiscono un aspetto importante della società industriale. Quando un qualsiasi prodotto passa di mano deve essere misurato.

Ma l'importanza delle misure si estende, oltre che al commercio e all'industria, anche a numerosi altri campi della vita quotidiana abbastanza diversi e non meno importanti: si pensi, per esempio, ai settori della diagnostica medica o al monitoraggio dei parametri ambientali.

In tutti i casi, comunque, le misure devono essere comparabili e per questo è necessario un grado di accordo sui risultati ottenuti.

La strumentazione e le procedure utilizzate per le misure devono quindi essere verificate ed accreditate come rispondenti alle loro specifiche e riferibili a standard riconosciuti, nazionali o internazionali, di precisione più elevata.

Uno dei capisaldi della qualità è la CERTIFICAZIONE. La certificazione è l'atto mediante il quale una terza parte indipendente dichiara che, con ragionevole attendibilità un prodotto, un processo, un servizio o un sistema qualità aziendale, è conforme ad una specifica norma.

La trasparenza nell'intero processo che porta alla certificazione è uno dei requisiti essenziali richiesti dalla Comunità Europea a tutti gli enti e le organizzazioni che operano nel campo metrologico e certificativo.

Si ribadisce quanto già fissato in precedenza:

**Accreditamento è diverso da certificazione: il primo ha finalità tecniche e scientifiche, la seconda riguarda procedure di tipo gestionale.**

Certificare una prova significa valutare se sto operando bene nella stesura delle procedure, nella conservazione dei documenti, ma non può dire niente sulla capacità e competenza di un laboratorio: l'accREDITAMENTO invece mira proprio alla parte "tecnica".

Sia l'accREDITAMENTO (ISO 17025), sia la certificazione (ISO9000), passano attraverso una serie di norme che ne dettano le regole fondamentali.

#### **8.4.4 Metrologia Legale e Scientifica**

Avendo fino ad ora parlato in senso lato di metrologia val la pena fare una distinzione tra

**Metrologia legale** La metrologia legale è il settore della scienza della misura che si occupa delle unità, dei metodi e degli strumenti di misura ed è finalizzata a garantire la correttezza delle misure utilizzate per le transazioni commerciali e più in generale, a garantire la pubblica fede in ogni tipo di rapporto economico che per la sua esplicazione prevede l'utilizzo di uno strumento per pesare o per misurare. Nel contratto di compravendita, la "quantità della cosa scambiata" contro il prezzo deve essere espressa in unità di misura legali, come legali devono essere gli strumenti metrici che si utilizzano per misurarla. La metrologia legale detta le caratteristiche tecniche che devono avere gli strumenti di misura, le procedure di verifica cui essi devono essere sottoposti prima di essere immessi in commercio e in seguito, secondo periodicità fissate dalle norme metriche, per garantire il mantenimento nel tempo della loro affidabilità metrologica

**Metrologia scientifica** La metrologia scientifica si distingue da quella legale perchè si occupa di effettuare studi e ricerche finalizzati alla realizzazione e disseminazione dei campioni primari delle unità di misura. Essa ha il compito di svolgere e promuovere attività di ricerca scientifica, si occupa di scienza delle misure e dei materiali, sviluppa tecnologie e dispositivi innovativi. Inoltre si occupa di trasferirla nei centri di taratura che potranno curare la disseminazione delle unità di misura realizzate con i campioni nazionali.