

# La revisione del Sistema Internazionale delle Unità (SI): un'introduzione

Luca Mari, gennaio 2019

<http://research.liuc.it/luca.mari>  
lmari@liuc.it

versione per una lezione di 2 ore  
per studenti del primo biennio delle scuole superiori



Quest'opera è distribuita con  
Licenza Creative Commons Attribuzione - Condividi  
allo stesso modo 4.0 Internazionale.

ANSA.it > Ultima Ora > **Nuovo sistema delle unità di misura**

# Nuovo sistema delle unità di misura

Votato dai delegati di 62 Paesi, in vigore il 20 maggio 2019

Redazione ANSA

ROMA

16 novembre 2018

17:51

NEWS

Suggerisci

Facebook

Twitter

Google+

Altri

A+ A A-

Stampa



© ANSA/EPA

CLICCA PER INGRANDIRE

(ANSA) - ROMA, 16 NOV - E' stato approvato il nuovo Sistema Internazionale delle unità di misura (Si): l'ok è arrivato dai rappresentanti di 62 Paesi riuniti a Versailles, nella Conferenza generale su pesi e misure (Cgpm), e il risultato è stato accolto con una standing ovation da parte dei partecipanti.

I delegati hanno votato a favore dei nuovi parametri che entreranno in vigore il 20 maggio 2019 e che ridefiniscono le sette unità di misura: chilogrammo, metro, secondo, ampere, kelvin, mole e candela. Lo faranno in termini di costanti fondamentali della fisica, anziché sulla base di oggetti fisici che possono cambiare nel tempo. Si dirà addio al chilogrammo di platino-iridio conservato da 130 anni in Francia, nell'Ufficio Internazionale Pesi e Misure di Sèvres.

Di cosa si tratta?

E' un cambiamento che ci riguarda?

(... e che possiamo capire

anche solo con competenze di base di fisica?)

Un percorso multidisciplinare, concettuale e storico,  
con suggerimenti per possibili approfondimenti ( $\Rightarrow$ ),  
in cui, dopo un'introduzione che stabilisce il contesto,  
ogni tappa è presentata come la soluzione ( ! ) ai problemi ( ? ) posti,  
e un semplice esempio si costruisce progressivamente,  
in parallelo allo sviluppo storico reale

- 1. Premessa: cose e proprietà (e grandezze)**
2. Unità di misura e campioni di misura
3. Come si definisce un'unità: il Modo 1
4. Come si definisce un'unità: il Modo 2
5. Il Sistema Internazionale fino al 2018
6. La riforma del Sistema Internazionale

# Premessa: cose e proprietà, tra cui grandezze

Il nostro modo di conoscere il mondo è basato su alcune ipotesi fondamentali:

1. Nel mondo ci sono **cose** (oggetti, fenomeni, eventi, sistemi, processi, persone, organizzazioni, ...)
2. Ogni cosa ha **proprietà** (attributi, caratteristiche, aspetti, qualità, ...)
3. Per confrontare cose confrontiamo proprietà di cose
4. Per alcune proprietà, che chiamiamo **grandezze**, le cose si possono combinare e la combinazione ha caratteristiche analoghe a quelle dei numeri

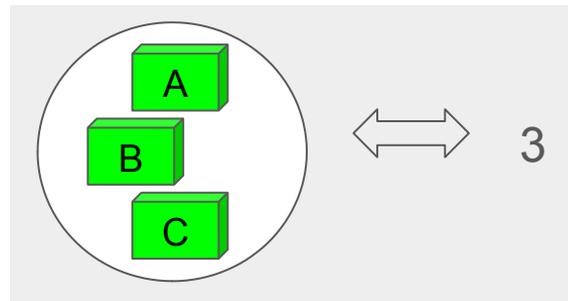
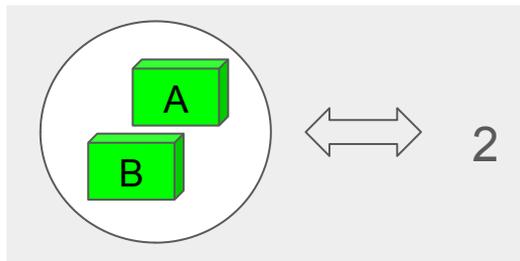
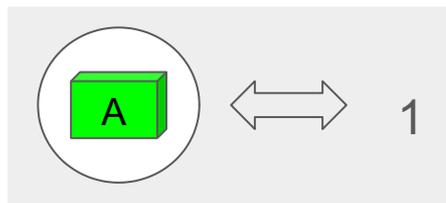
possibile approfondimento di Filosofia: cose e proprietà nella conoscenza

possibile approfondimento di Matematica: la struttura algebrica delle grandezze

# Analogie...

Grandezze empiriche e numeri hanno **molte analogie**:

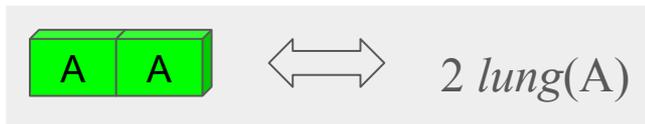
in particolare, la grandezza *numero* (*cardinalità*) è analoga ai numeri naturali:



e così via

## ... e differenze

Grandezze empiriche e numeri hanno molte analogie ma anche **alcune differenze**  
Grandezze come *lunghezza*, *massa*, *durata*, ... **non hanno un'unità naturale**



e così via



ma:



Perché questo è un problema?

possibile approfondimento di Fisica: i tipi di grandezze

1. Premessa: cose e proprietà (e grandezze)
- 2. Unità di misura e campioni di misura**
3. Come si definisce un'unità: il Modo 1
4. Come si definisce un'unità: il Modo 2
5. Il Sistema Internazionale fino al 2018
6. La riforma del Sistema Internazionale

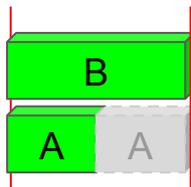
# Confronti e misurazioni

Il fatto che certe grandezze non hanno un'unità naturale non è un problema, fintanto che i problemi sono del tipo:

**quanto è lungo B rispetto ad A?**



(risposta:



e quindi: B è 2 volte più lungo di A,

$$\text{lung}(B) = 2 \text{ lung}(A)$$

Ma per un problema come **quanto è lungo B?** non abbiamo risposta

Senza un'unità possiamo confrontare lunghezze ma non misurarle

# Alla ricerca delle unità, dunque?

No! Le unità (di lunghezza, massa, ...) non “esistono in natura” in quanto tali

... **non possiamo scoprire un'unità**, ma **possiamo decidere un'unità**

Possiamo scegliere una certa lunghezza (e una certa massa, e una certa durata, ...)  
e concordare che sia l'unità, attribuendole un nome per riferirsi a essa

Per esempio, decidiamo che  sia l'unità di lunghezza,  
e chiamiamola “luno” (come “uno di lunghezza”), simbolo  $\underline{l}_u$ ,

così che se  allora  $lung(B) = 2 \underline{l}_u$

# Unità e valori

Dunque le unità non sono altro che grandezze che abbiamo deciso di identificare convenzionalmente come “grandezza uno”

Grazie alle unità, possiamo costruire **valori di grandezza**, come 2 lu, 3 lu, ..., che sono entità trattabili matematicamente

(e dunque per definizione il luno è lungo 1 lu, il metro è lungo 1 m, il kilogrammo è pesante 1 kg, ...)

Se le grandezze sono la base della matematizzazione del mondo empirico, è grazie alle unità che si perfeziona l’analogia:

 := 1 lu

 = 2 lu

 = 3 lu

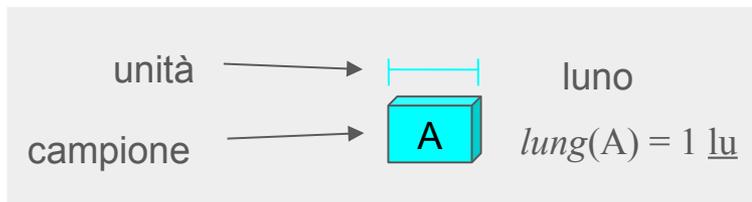
e così via

# Unità e campioni

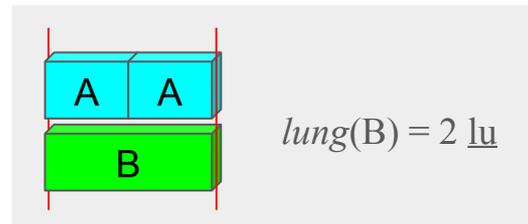
C'è però un problema:

un oggetto può essere confrontato per lunghezza con un altro oggetto,  
non con una lunghezza, che è un'entità astratta

Dunque per misurare la lunghezza di un oggetto  
dobbiamo dotarci di altri oggetti, chiamati **campioni**,  
la cui lunghezza sia l'unità



così che



# L'importanza dei campioni

Dunque: per poter misurare lunghezze in luni  
è necessario disporre di campioni di luni

**Quali caratteristiche dovrebbe avere un campione?** (di luno e di qualsiasi altra unità)

Dovrebbe essere:

- **stabile** (cioè dovrebbe mantenere la sua lunghezza di 1 l anche con il passare del tempo)
- **riproducibile** (cioè dovrebbe essere possibile produrne facilmente delle copie)
- **accessibile** (cioè dovrebbe essere facilmente utilizzabile quando si deve misurare)
- ...

possibile approfondimento di Fisica: le condizioni di stabilità dei materiali

# L'importanza delle unità

Ma la domanda critica (anche per avvicinarci a capire la revisione del SI) è un'altra:

Come si definisce un'unità?

(anche perché è solo quando sappiamo cos'è, per esempio, il luno, che possiamo attribuire un significato a valori come 1 lu, 2 lu, 3 lu, ...)

possibile approfondimento di Filosofia (o di Italiano): cos'è una definizione

1. Premessa: cose e proprietà (e grandezze)
2. Unità di misura e campioni di misura
- 3. Come si definisce un'unità: il Modo 1**
4. Come si definisce un'unità: il Modo 2
5. Il Sistema Internazionale fino al 2018
6. La riforma del Sistema Internazionale



# Come si definisce un'unità: il Modo 1 (tradizionale)

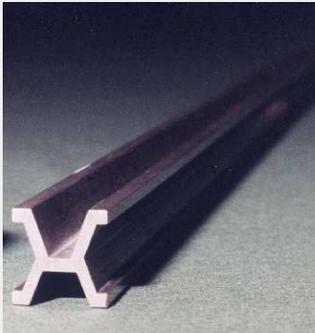
Per secoli, le unità sono state definite come **grandezze di oggetti**

e lo possiamo fare anche noi:

prendiamo un certo oggetto, che chiamiamo il “prototipo del luno” (PL),  
e definiamo il luno come la lunghezza del PL

(dunque secondo il principio “**prima il campione, poi l'unità**”)

il Prototipo Internazionale del Metro



[www.bipm.org/en/measurement-units/history-si/metre\\_kilo.html](http://www.bipm.org/en/measurement-units/history-si/metre_kilo.html)

1st CGPM, 1889

(1889)

■ Sanction of the international prototypes of the metre and the kilogram  
(CR, 34-38)\*

The Conférence Générale des Poids et Mesures,

...

**sanctions**

A. As regards international prototypes:

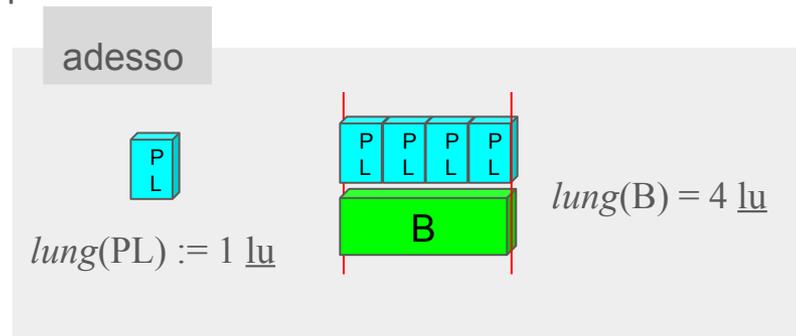
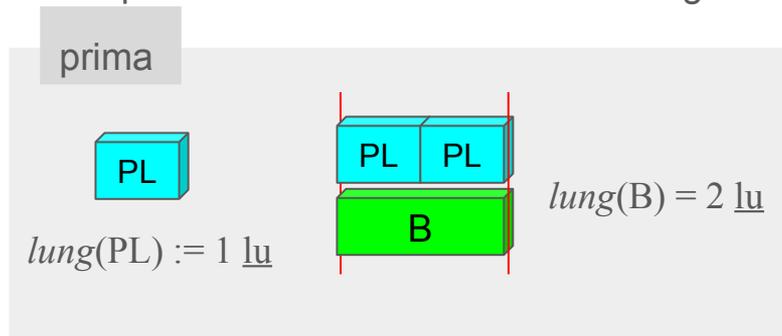
1. The Prototype of the metre chosen by the CIPM. This prototype, at the temperature of melting ice, shall henceforth represent the metric unit of length.

[www.bipm.org/en/publications/si-brochure](http://www.bipm.org/en/publications/si-brochure)

# I problemi del Modo 1 di definire le unità (a)

Se il luno è definito come la lunghezza del PL,  
 è necessario che la lunghezza del PL non cambi nel corso del tempo,  
 e perciò il PL è un oggetto da conservare con cura, per garantirne la **stabilità**

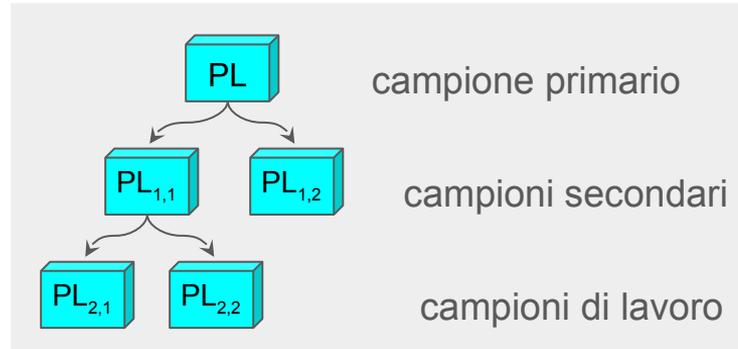
(supponiamo infatti che il PL cambi la sua lunghezza, addirittura dimezzandosi;  
 d'altra parte il luno è definito come la lunghezza del PL, e quindi:



B non ha cambiato la sua lunghezza, ma prima era lungo  $2 \text{ lu}$  e adesso è lungo  $4 \text{ lu}$ ...!)

# I problemi del Modo 1 di definire le unità (b)

Se il luno è definito come la lunghezza del PL,  
poiché per poter misurare in luni bisogna creare delle copie del PL,  
il proprietario del PL ha **potere** su tutti coloro che misurano in luni



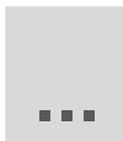
possibile approfondimento di Storia: le unità di misura come fonte di potere nel corso del tempo

Come potremmo risolvere questi problemi di stabilità e di gestione del potere?

# Sintesi

Secondo il Modo 1 le unità sono definite in riferimento a **oggetti**

Nel contesto della Convenzione del Metro,  
è così che nel **1889** è stato definito il metro



1. Premessa: cose e proprietà (e grandezze)
2. Unità di misura e campioni di misura
3. Come si definisce un'unità: il Modo 1
- 4. Come si definisce un'unità: il Modo 2**
5. Il Sistema Internazionale fino al 2018
6. La riforma del Sistema Internazionale

# Una nota di Fisica

Abbiamo finora ipotizzato che le grandezze degli oggetti siano variabili nel tempo (e infatti ci siamo posti il problema della stabilità dei campioni)

Ma non per tutte è così:

in accordo alle teorie fisiche che conosciamo,

**alcune grandezze sono costanti**

possibile approfondimento di Fisica: le grandezze costanti e il loro ruolo nelle teorie fisiche



# Come si definisce un'unità: il Modo 2.0

Per risolvere questi problemi,  
le unità potrebbero essere definite come **grandezze costanti di fenomeni**  
e, almeno in linea di principio, lo possiamo fare anche noi:  
se trovassimo un certo fenomeno che, in accordo alle teorie disponibili,  
è caratterizzato da una lunghezza costante,  
potremmo definire il luno come questa lunghezza

## Soluzione ai problemi del Modo 1:

- **stabilità**: le grandezze scelte sono costanti in accordo alle teorie disponibili
- **potere**: i fenomeni non appartengono a nessuno

# I problemi del Modo 2.0 di definire le unità (a)

Dato che le unità sono inventate, e non scoperte,  
le scegliamo in modo che i valori misurati siano comodi da trattare,  
dunque nella stessa scala delle grandezze che misuriamo abitualmente  
Per definire il luno dovremmo perciò trovare un fenomeno caratterizzato  
da una lunghezza costante **in scala antropometrica**

Il fatto è però che le costanti che conosciamo sono, rispetto alla nostra scala,  
molto grandi (p.es. la velocità della luce) o molto piccole (p.es. la carica dell'elettrone),  
e quindi potremmo non trovare un fenomeno adatto a definire il luno

# I problemi del Modo 2.0 di definire le unità (b)

Oltre a ciò, se nel passato avevamo già definito il luno secondo il Modo 1, è una buona idea fare modo che il luno rimanga la stessa lunghezza nonostante il cambiamento della definizione, in accordo a un **principio di continuità** (cambia così **come** è definito il luno, ma non **quanto** è definito)

Come potremmo risolvere questi problemi di scala e di continuità?



# Come si definisce un'unità: il Modo 2.1

Per risolvere questi problemi il Modo 2.0 può essere generalizzato, definendo le unità come **(sotto)multipli di grandezze costanti di fenomeni** e, almeno in linea di principio, lo possiamo fare anche noi: per esempio, prendiamo un certo atomo che nella transizione tra due suoi certi livelli energetici emette energia a una certa lunghezza d'onda e definiamo il luno come un certo multiplo  $k$  di questa lunghezza d'onda

## Soluzione ai problemi del Modo 2.0:

- **scala antropometrica**: si sceglie  $k$  in modo che l'unità sia una grandezza appropriata
- **principio di continuità**: si sceglie  $k$  in modo che l'unità non cambi

11th CGPM, 1960

(1960)

### ■ Definition of the metre (CR, 85)\*

#### Resolution 6

The 11th Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM),

#### considering

- that the international Prototype does not define the metre with an accuracy adequate for the present needs of metrology,
- that it is moreover desirable to adopt a natural and indestructible standard,

#### decides

1. The metre is the length equal to 1 650 763.73 wavelengths in vacuum of the radiation corresponding to the transition between the levels  $2p_{10}$  and  $5d_5$  of the krypton 86 atom.

# Una novità del Modo 2.1 e un nuovo problema

Supponiamo di aver definito il luno come  $k$  volte una certa lunghezza d'onda

Poiché non possiamo aspettarci di trovare in natura oggetti

adatti a fare da campioni di luno, li dovremo costruire:

secondo il Modo 2 i campioni **realizzano la definizione dell'unità**

(dunque secondo il principio “**prima l'unità, poi i campioni**”)

E' dunque necessario che il fenomeno sia **riproducibile con grande precisione**,  
per poter costruire campioni che realizzano tale definizione

Se non conoscessimo fenomeni con lunghezze costanti  
e riproducibili con precisione sufficiente  
come potremmo risolvere questo problema?

# Una nota di Fisica (a)

Abbiamo finora ipotizzato che per ogni grandezza di interesse (lunghezza, durata, ...) si debba definire un'unità in modo indipendente dalle altre

E' però un fatto che le leggi della fisica stabiliscono relazioni funzionali tra grandezze, per esempio  $velocità \propto lunghezza / durata$ ,

e dunque stabiliscono un **sistema di grandezze**

Se per ogni grandezza di un sistema di grandezze si definisce un'unità, si ottiene un **sistema di unità**,

per esempio con unità di lunghezza:  $l_{uo}$  ( $\underline{l_u}$ ); di durata:  $d_{uo}$  ( $\underline{d_u}$ ); di velocità:  $v_{uo}$  ( $\underline{v_u}$ ),

così che  $1 \underline{v_u} \propto 1 \underline{l_u} / 1 \underline{d_u}$

cioè  $1 \underline{v_u} = k 1 \underline{l_u} / 1 \underline{d_u}$

per un  $k$  da scoprire

# Una nota di Fisica (b)

Data la relazione tra le grandezze nel sistema di grandezze, possiamo però definire il vuno in funzione del luno e del duno, con  $k = 1$ :

$$1 \underline{vu} := 1 \underline{lu} / 1 \underline{du}$$

ottenendo così due benefici:

- non dobbiamo trovare una definizione indipendente per l'unità di velocità
- nelle relazioni tra unità non ci sono costanti di proporzionalità: **il sistema è coerente**

Ciò implica aver distinto nel sistema delle grandezze

tra **grandezze di base**, le cui unità sono definite in modo indipendente,

e **grandezze derivate**, le cui unità sono definite in funzione di unità di base

(nel nostro esempio la lunghezza e la durata sono grandezze di base e la velocità è una grandezza derivata, il luno e il duno sono unità di base e il vuno è un'unità derivata)



# Come si definisce un'unità: il Modo 2.2

Dato il sistema delle grandezze della meccanica, possiamo cercare una velocità e una durata costanti e derivarne l'unità di lunghezza, definendo le unità come **funzioni di grandezze costanti di fenomeni** e, almeno in linea di principio, lo possiamo fare anche noi: per esempio, definiamo lo scalende come la distanza percorsa dalla luce nel vuoto in una certa frazione  $k$  di secondo

## Soluzione al problema del Modo 2.1:

- **riproducibilità con grande precisione:** si possono scegliere fenomeni con grandezze costanti anche di genere diverso dall'unità

17th CGPM, 1983

■ **Definition of the metre** (CR, 97 and *Metrologia*, 1984, 20, 25) **(1983)**

### Resolution 1

The 17th Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM),

#### considering

- that the present definition does not allow a sufficiently precise realization of the metre for all requirements,

...

#### decides

1. The metre is the length of the path travelled by light in vacuum during a time interval of  $1/299\,792\,458$  of a second.

# Sintesi

Secondo il Modo 2 le unità sono definite in riferimento a **costanti**, e in particolare come multipli o sottomultipli di costanti (Modo 2.1) o più in generale come funzioni di costanti (Modo 2.2)

Nel contesto della Convenzione del Metro, è nel Modo 2.1, nel **1960**, e poi nel Modo 2.2, nel **1983** che è stato ridefinito il metro

1. Premessa: cose e proprietà (e grandezze)
2. Unità di misura e campioni di misura
3. Come si definisce un'unità: il Modo 1
4. Come si definisce un'unità: il Modo 2
- 5. Il Sistema Internazionale fino al 2018**
6. La riforma del Sistema Internazionale

# Il metro nel Sistema Internazionale (SI) fino al 2018

Nel caso dell'unità di lunghezza, l'evoluzione è stata chiara:

**1889:** “The Prototype of the metre chosen by the CIPM ... at the temperature of melting ice shall henceforth represent the metric unit of length.”

**metro**: lunghezza di un certo oggetto: **Modo 1**

**1960:** “ The metre is the length equal to 1 650 763.73 wavelengths in vacuum of the radiation corresponding to the transition between the levels  $2p_{10}$  and  $5d_5$  of the krypton 86 atom.”

**metro**: lunghezza di un dato multiplo della lunghezza costante di un certo fenomeno: **Modo 2.1**

**1983:** “The metre is the length of the path travelled by light in vacuum during a time interval of  $1/299\,792\,458$  of a second.”

**metro**: lunghezza di un certo fenomeno a velocità costante in un dato periodo: **Modo 2.2**

# Il Sistema Internazionale (SI) fino al 2018

Ma l'evoluzione non è stata omogenea

Per semplicità, consideriamo solo le tre unità meccaniche

“the metre is the length of the path travelled by light in vacuum during a time interval of  $1/299\,792\,458$  of a second”

→ **metro**: lunghezza di un certo fenomeno a velocità costante in un dato periodo: **Modo 2.2**

“the kilogram is the mass of the international prototype of the kilogram”

→ **kilogrammo**: massa di un certo oggetto: **Modo 1**

“the second is the duration of  $9\,192\,631\,770$  periods of the radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of the caesium 133 atom”

→ **secondo**: durata di un dato multiplo di un certo fenomeno a periodo costante: **Modo 2.1**

# I problemi del SI fino al 2018 (a)

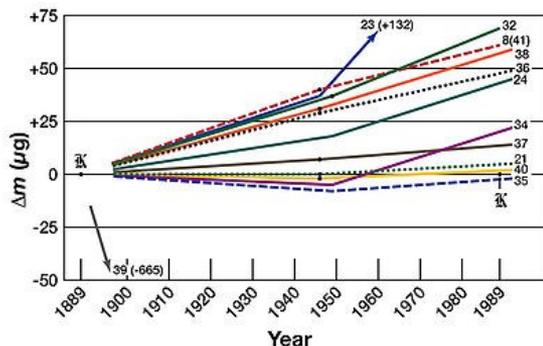
metro → Modo 2.2

kilogrammo → Modo 1

secondo → Modo 2.1

Anche a parte questioni di eleganza (la situazione pare piuttosto complicata...), le unità definite secondo il Modo 1 (il kilogrammo)

**dipendono in modo critico dalla stabilità** di un oggetto, che non può essere garantita se non certi limiti



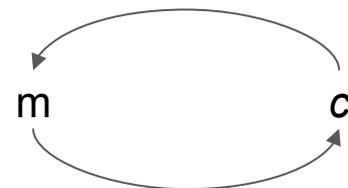
La variazione nel tempo della massa di alcuni campioni nazionali: non sarà cambiata (anche) la massa dell'IPK?

# I problemi del SI fino al 2018 (b - premessa)

Le unità definite secondo il Modo 2 stabiliscono un valore esatto per le costanti da cui dipendono:

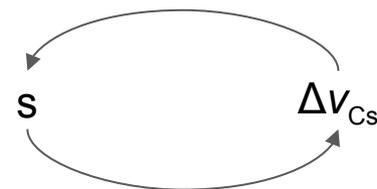
“the **metre** is the length of the path travelled by light in vacuum during a time interval of  $1/299\,792\,458$  of a second”

“the speed of light in vacuum is exactly  $299\,792\,458$  metres per second”



“the **second** is the duration of  $9\,192\,631\,770$  periods of the radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of the caesium 133 atom”

“the hyperfine splitting in the ground state of the caesium 133 atom is exactly  $9\,192\,631\,770$  hertz”

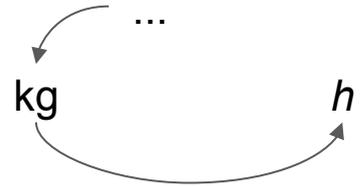


# I problemi del SI fino al 2018 (b)

Anche le unità definite secondo il Modo 1 sono in relazione funzionale con costanti (p.es. la costante di Planck) ma non sono definite in funzione di esse: devono invece essere misurate, e quindi **i loro valori sono noti con un'incertezza**

“the **kilogram** is the mass of the international prototype of the kilogram”

“the value of the Planck constant is  $6,626\,068\,98(33) \times 10^{-34}$  J·s”



Come si può risolvere il problema  
di costanti il cui valore è incerto?

1. Premessa: cose e proprietà (e grandezze)
2. Unità di misura e campioni di misura
3. Come si definisce un'unità: il Modo 1
4. Come si definisce un'unità: il Modo 2
5. Il Sistema Internazionale fino al 2018
- 6. La riforma del Sistema Internazionale**

# La riforma del SI

Il 16 novembre 2018 la Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM) ha approvato una **revisione del SI**, che sarà in vigore dal 20 maggio 2019 e che risolve i problemi del SI fino al 2018

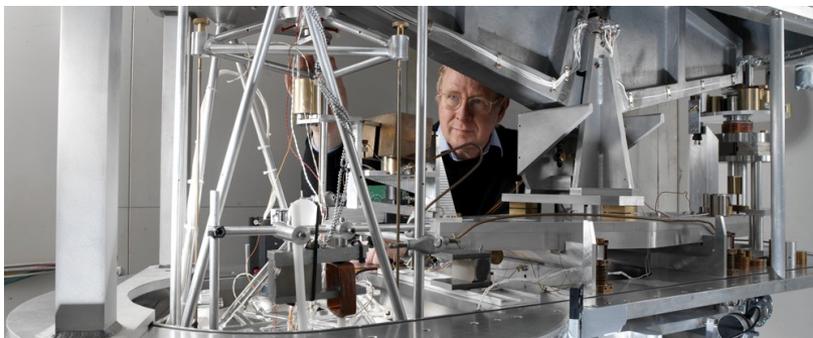
# L'ipotesi alla base del SI riformato

A questo punto, è chiaro come si è cercato di risolvere i problemi della definizione delle unità secondo il Modo 1:

**definire tutte le unità secondo il Modo 2**

dunque in riferimento a costanti, invece che a oggetti

Ciò è stato possibile dopo un lungo lavoro, di fisica e ingegneria, finalizzato a rendere le costanti riproducibili con precisione sufficiente in scala antropometrica



La bilancia di Kibble: uno strumento per misurare la costante di Planck in modo molto accurato, connettendola alla massa



# La struttura del SI riformato

Le costanti “di definizione” scelte:

(per semplicità continuiamo a considerare solo le tre unità meccaniche)

per il **secondo**: una frequenza costante (la frequenza di transizione del cesio 133,  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ )

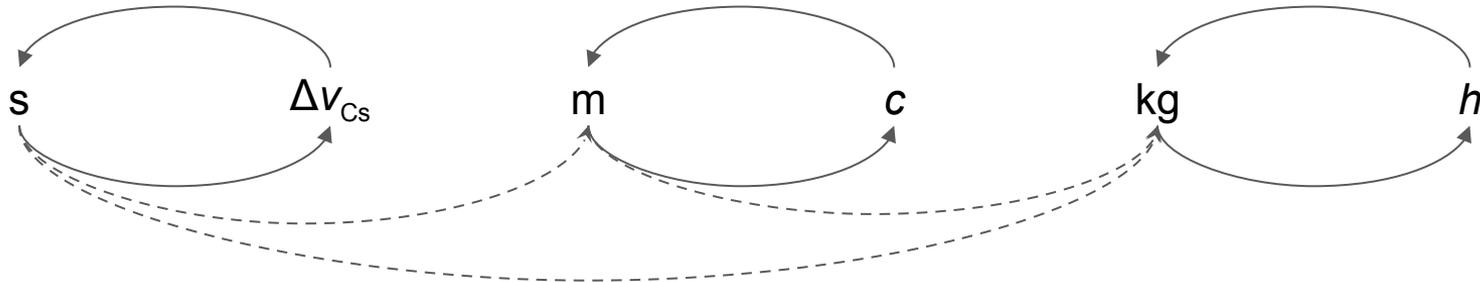
una durata  $t$  definita da una frequenza  $f$ ,  $t = f^{-1}$

per il **metro**: una velocità costante (la velocità della luce nel vuoto,  $c$ )

una lunghezza  $l$  definita da una velocità  $v$ ,  $l = v t$ , data l'unità di durata

per il **kilogrammo**: un'azione costante (il quanto di azione (costante di Planck),  $h$ )

una massa  $m$  definita da un'azione  $S$ ,  $m = S l^{-2} t^{-1}$ , date le unità di durata e di lunghezza





# L'implementazione del SI riformato

Le nuove definizioni hanno una struttura complessa, finalizzata a mettere in evidenza il ruolo delle costanti “di definizione”

Nelle **definizioni fondamentali** si stabilisce il valore che le costanti avrebbero se valutate nelle unità ancora da definire

Per esempio:  $c$  è  $k$  m/s, per un  $k$  specificato

Nelle **definizioni derivate** si stabiliscono le unità, come quelle grandezze tali che le costanti abbiano i valori definiti

Per esempio: il metro è definito prendendo  $k$  come valore numerico di  $c$  in m/s

# Le nuove definizioni



## Le definizioni fondamentali

The unperturbed ground state hyperfine transition frequency of the caesium 133 atom  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$  is 9 192 631 770 Hz.

The speed of light in vacuum  $c$  is 299 792 458 m/s.

The Planck constant  $h$  is  $6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$  J s.

## Le definizioni derivate

The **second**, symbol s, is the SI unit of time. It is defined by taking the fixed numerical value of the caesium frequency  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ , the unperturbed ground-state hyperfine transition frequency of the caesium 133 atom, to be 9 192 631 770 when expressed in the unit Hz, which is equal to  $\text{s}^{-1}$ .

The **metre**, symbol m, is the SI unit of length. It is defined by taking the fixed numerical value of the speed of light in vacuum  $c$  to be 299 792 458 when expressed in the unit m/s, where the second is defined in terms of  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .

The **kilogram**, symbol kg, is the SI unit of mass. It is defined by taking the fixed numerical value of the Planck constant  $h$  to be  $6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$  when expressed in the unit J s, which is equal to  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$ , where the metre and the second are defined in terms of  $c$  and  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .

# Un tentativo di sintesi

Le domande da cui siamo partiti erano:

**Di cosa si tratta?**

**E' un cambiamento che ci riguarda?**

**(... e che possiamo capire**

**anche solo con competenze di base di fisica?)**

Le domande finali ora sono:

**Che ne dite?**

**In questo lungo percorso quali problemi sono stati risolti?**

**E quali problemi sono ancora aperti, o sono stati creati  
dalla riforma del SI?**

# Qualche cenno di risposta

## Aspetti positivi

- Il sistema è più stabile: non ci sono più unità definite come grandezze di oggetti (Modo 1)
- Il sistema è più ordinato: tutte le unità sono definite nello stesso Modo (2)
- Il sistema è più consistente: le costanti “di definizione” sono definite senza incertezza
- Il sistema è più democratico: chiunque può realizzare la definizione di un’unità, riproducendo le costanti di definizione
- Il sistema rispetta il principio di continuità: è cambiato come le unità sono definite, ma non è cambiata la loro grandezza

## Punti di attenzione o aspetti problematici

- Il sistema si fonda sulle teorie fisiche accettate attualmente: se cambiassero, anche il sistema dovrebbe essere rivisto
- Il sistema si fonda su costanti la cui riproduzione richiede tecnologie molto sofisticate: almeno al momento pochi laboratori al mondo hanno questa capacità

La revisione del Sistema Internazionale delle Unità (SI): un'introduzione

**Grazie per l'attenzione**

Luca Mari, gennaio 2019

<http://research.liuc.it/luca.mari>

[lmari@liuc.it](mailto:lmari@liuc.it)



Quest'opera è distribuita con  
Licenza Creative Commons Attribuzione - Condividi  
allo stesso modo 4.0 Internazionale.