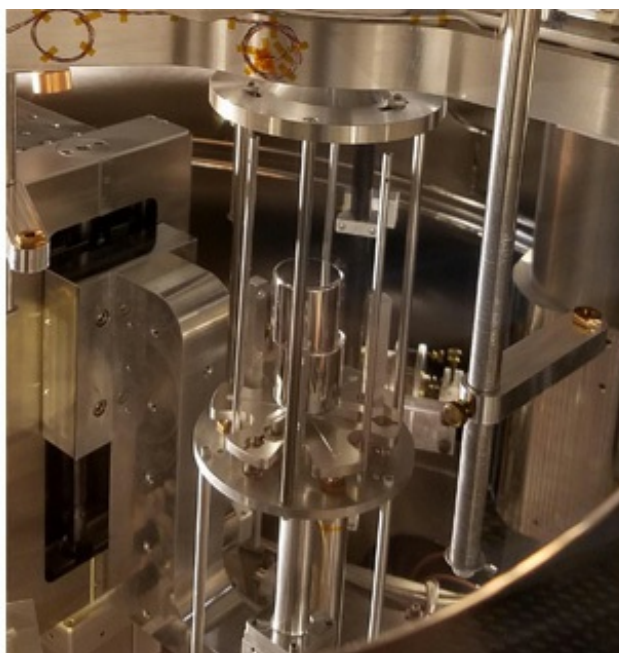


Il nuovo chilo

✍ A. Bettini 📅 28-08-2017 ↗ <http://www.primapagina.sif.it/article/649>



La bilancia di Kibble del National Institute of Standards and Technology (NIST). Crediti: NIST. / The Kibble balance of the National Institute of Standards and Technology (NIST). Credits: NIST.

La Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) ha programmato, su direttiva del CIPM (Comité International des Poids et Mesures), di approvare nella sua prossima riunione, che avverrà nel novembre 2018, una revisione del SI, che colleghi le definizioni di chilogrammo, ampere, kelvin e mole con valori numerici esatti della costante di Planck h , della carica elementare e , della costante di Boltzmann k , e del numero di Avogadro N_A . Sul tema si è svolto l'anno passato il 196° Corso della Scuola Internazionale di Fisica “Enrico Fermi” a Varenna.

Dalla revisione conseguirà, in particolare, che l'unico campione fisico ancora in servizio, il prototipo internazionale del chilogrammo, “Le Grand Kilo” per gli amici, conservato con tutte le cure possibili nel Pavillon de Breteuil a Sèvres, andrà in pensione dopo 129 anni di onorato servizio. Il chilogrammo verrà definito fissando il valore numerico “esatto” della costante di Planck (analogamente a quanto già facciamo con c e ϵ_0).

Per realizzare il chilogrammo sono disponibili due metodi. Un metodo, condotto dall'International Avogadro Coordination (IAC), a cui partecipa l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM), conta gli atomi in un monocristallo di ^{28}Si . Il conteggio è reso possibile dall'ordine cristallino e richiede la misura del rapporto tra il volume del monocristallo, una sfera di diametro 93.7 mm, e il

volume occupato da un atomo. La derivazione della massa dalla costante di Planck è assicurata dalla misura del rapporto $m(^{28}\text{Si})/h$, dove $m(^{28}\text{Si})$ è la massa dell'atomo ^{28}Si .

Il secondo metodo utilizza la bilancia di Kibble (watt balance), così chiamata in riconoscimento dei contributi alla metrologia di Brian Kibble, scomparso nel 2016. La bilancia equilibra il peso del campione di massa con la forza generata dalla corrente – misurata in termini di h attraverso l'effetto Josephson (per definire la differenza di potenziale in termini di h/e^2) e l'effetto Hall quantistico (per definire l'impedenza in termini di e/h) – in una bobina posta tra i poli di un magnete permanente. Successivamente, la bobina è mossa con velocità costante e si misura la forza elettromotrice indotta – ancora in termini della costante h – per determinare la costante di proporzionalità tra la forza gravitazionale e la forza elettromagnetica. La massa del campione è quindi ottenuta dal suo peso attraverso la misura dell'accelerazione locale di gravità.

Le condizioni stabilite dal CIPM per accettare la nuova definizione di chilogrammo richiedono il completamento di almeno tre misure di h , indipendenti e consistenti tra loro, a meglio di 50 ppb e una a meglio di 20 ppb. La scadenza per la realizzazione di queste misure era il 1° luglio 2017.

La rivista Metrologia ha recentemente pubblicato una misura ottenuta con la bilancia di Kibble dal National Research Council, $h = 6.626\,070\,133(60) \cdot 10^{-34}$ Js (precisa a meglio di 9 ppb), una misura del NIST, sempre con la bilancia, $h = 6.626\,069\,934(89) \cdot 10^{-34}$ Js (precisa a 13 ppb) e una misura dell'International Avogadro Coordination, $h = 6.626\,070\,405(77) \cdot 10^{-34}$ Js (precisa a 12 ppb). La deviazione standard delle tre misure è pari a circa 36 ppb. L'analisi dei dati è in corso, ma gli elementi per un nuovo chilogrammo sembrano esserci.

Grazie a Giovanni Mana e Patrizia Tavella per revisioni e correzioni.

Learn more about: 1, 2, 3, 4, 5, 6

The new kilo

The Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) has planned, upon instructions of the CIPM (Comité International des Poids et Mesures), to approve in its next meeting in November 2018 a revision of the SI, which will link the definitions of the kilogramme, ampere, kelvin and mole to exact numerical values of the Planck constant h , the elementary charge e , the Boltzmann constant k , and of the Avogadro constant N_A . The 196th Course of the International School of Physics “Enrico Fermi” was dedicated to the subject past year.

As a consequence of the revision, the only physical unit prototype still in exercise, the international kilogramme, “Le Grand Kilo” for friends, kept under guard with all possible care in the Pavillon de Breteuil at Sèvres, will retire after 129 years of honourable service. The kilogramme will be defined by fixing the “exact” value of the Planck constant (similarly to what we already do with c and ϵ_0).

Two methods are available to implement the kilo. One method, employed by the International Avogadro Coordination (IAC), to which the Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM) takes part, counts the atoms in a ^{28}Si mono-crystal. The counting profits of the crystal order and implies

the measurement of the ratio between the volume of the mono-crystal, which is a sphere of 93.7 mm diameter, and the volume occupied by an atom. The mass is derived from the Planck constant by measuring the ratio $m(^{28}\text{Si})/h$, where $m(^{28}\text{Si})$ is the mass of the ^{28}Si atom.

The second method employs the Kibble balance (watt balance), named after Brian Kibble, passed away in 2016, to acknowledge his contributions to metrology. The apparatus balances the weight of the mass prototype with the force generated by the current – measured in terms of h through the Josephson effect (to define the potential difference in terms of h/e^2) and the quantum Hall effect (to define the impedance in terms of e/h) – in a coil located between the poles of a permanent magnet. The coil is then moved at a constant velocity and the induced electromotive force is measured – again in terms of h – to determine the proportionality constant between gravitational and electromagnetic forces. The mass of the prototype is finally obtained from its weight by measuring the local gravity acceleration.

The conditions established by the CIPM to accept the new definition of the kilogramme require the completion of at least three measurements of h independent and mutually consistent at better than 50 ppb and one at better than 20 ppb. The deadline was 1st July 2017. The journal *Metrologia* has recently published a measurement obtained with the Kibble balance of the Canada National Research Council $h = 6.626\,070\,133(60) \cdot 10^{-34}$ Js (precise at 9 ppb), a measurement of the NIST, again with the balance, $h = 6.626\,069\,934(89) \cdot 10^{-34}$ Js (precise at 12 ppb) and a measurement of the International Avogadro Coordination, $h = 6.626\,070\,405(77) \cdot 10^{-34}$ Js (precise at 12 ppb). The standard deviation of the three measurements is about 36 ppb. The data analysis is under way, but the elements for having a new kilogramme appear to be available.

Thanks to Giovanni Mana and Patrizia Tavella for reviewing.

Learn more about: 1, 2, 3, 4, 5, 6

Immagine in homepage: La sfera di silicio presso l'INRIM, nella quale si specchia Avogadro. Cortesia di A. Bergamin e E. Massa. / Homepage image: The silicon sphere at the INRIM, with mirrored the Avogadro statue. Courtesy A. Bergamin and E. Massa.