

Perché tutti dovrebbero sapere qualcosa sulla Metrologia, scienza e tecnica della misura?

Anita Calcatelli

Benjamin Franklin definì l'essere umano come in *toolmaking animal*<sup>1</sup> che imparò fin dai primordi della sua storia a costruire gli utensili necessari nella vita quotidiana, ma il vero e proprio sviluppo di strumenti scientifici è legato alla nascita e allo sviluppo della scienza moderna e, in gran parte, alla necessità di approfondire ipotesi teoriche. C'è una stretta connessione tra strumenti di misura, scienza e tecnologia. La scienza è insieme madre e figlia della tecnologia, perché le scoperte scientifiche rendono possibili applicazioni tecnologiche, e le applicazioni tecnologiche consentono di costruire gli strumenti necessari per la ricerca scientifica. Tra questi si situano gli strumenti per le misurazioni di cui il nostro vivere odierno, così come le ricerche più avanzate, non possono più fare a meno.

Per sviluppare ipotesi di lavoro, per la loro verifica sia nel campo della ricerca scientifica sia nelle decisioni da prendere nella vita quotidiana non si può più fare a meno di risultati di processi più o meno complessi di misurazione. La nostra società ha, infatti, ormai una misura per ogni cosa: altezza, massa, PIL, tasso alcolemico, livelli di radioattività...

Ogni processo di misurazione comporta un confronto con *campioni di misura* e la definizione delle relative *unità*. Ogni risultato di misurazione si esprime con un **numero**, una **unità di misura** ed una **incertezza di misura (u)**.

Ad esempio: la mia statura è di 1,65 m con  $u=0,01$ m, la temperatura corporea è di 36,5 °C con  $u=0,2$  °C, e così via.

Le reti intricate e per lo più invisibili di servizi, fornitori e comunicazioni dalle quali tutti noi dipendiamo fanno affidamento sulla metrologia per il loro funzionamento affidabile ed efficiente. Il successo economico delle Nazioni dipende dalla nostra abilità di produrre e commerciare prodotti e servizi verificati e misurati in modo preciso. La metrologia è centrale per produttori, fornitori e clienti di merci e servizi. Ciascuna categoria deve avere fiducia nell'accuratezza e affidabilità delle misure fatte ad ogni livello di precisione.<sup>2</sup>

Le collaborazioni industriali e commerciali internazionali e la qualità dei prodotti sarebbero impossibili senza delle misurazioni accurate e validate dai vari laboratori e istituti metrologici nazionali degli Stati coinvolti. Si ricordi quanto accadde nel 1999; La Mars Climate Orbiter ha perso i contatti con la Terra Giovedì 24 Settembre 2000 durante l'avvicinamento al pianeta Marte. La sonda si è schiantata sul suolo dopo aver percorso milioni di chilometri e dopo aver compiuto un'orbita alla distanza di 57 km, mentre l'altitudine originale prevista era di 186 km, altezza dalla quale avrebbe dovuto studiare l'atmosfera del pianeta. Così sono sfumati anni di lavoro e 300 milioni di dollari! (Da Sky Tg24: Sistema metrico decimale e sistema di misura anglosassone si sono scontrati facendo una vittima illustre: la sonda Mars Climate Orbiter----- Sembra incredibile, ma è andata proprio così, come recita un comunicato ufficiale del Jet Propulsion Laboratory della NASA che inseguiva la sonda. E per un errore di conversione dalle tavole della Lockheed Martin costruttrice del veicolo, in feet ("piedi"), a quelle della NASA, in metri, il veicolo è stato fatto avvicinare al pianeta ad una quota troppo bassa (57 km) invece dei 186 km previsti.

A parte le aree dell'ingegneria, la scienza della misura ha profonde implicazioni in molte aree della scienza e della tecnologia. Si pensi ad esempio alle misure dell'intervallo di tempo: mediante una rete mondiale di calcolatori, i sistemi di navigazione satellitare e la coordinazione internazionale del tempo rendono possibili individuazioni accurate di oggetti e località e gli aerei possono atterrare anche in condizioni di scarsa visibilità. Per esempio il nuovo consorzio Galileo sta lavorando per assicurare che il "tempo Galileo" sia consistente con il Tempo Universale Coordinato (UTC) prodotto dal BIPM sulla base di più di 300 orologi atomici in 41 stati.<sup>3 4</sup>

Tipicamente l'accuratezza<sup>5</sup> richiesta sui campioni di misura nazionali raddoppia ogni 10 anni. Questa domanda di aumento della "qualità" delle misure si applica non solo ai campioni nazionali ma anche all'attuazione di Sistemi di Qualità basati su campioni internazionali. Per esempio le norme sulla qualità ISO/IEC 17025 richiedono che tutti gli strumenti di misura usati per la produzione o per i servizi siano tarati; dove taratura significa il confronto delle misurazioni eseguite con uno strumento con campioni di riferimento o materiali di riferimento di valore noto.

In futuro certamente continueranno ad esserci per la metrologia sfide dalle aree tradizionali della fisica e dell'ingegneria, ma la domanda più pressante attualmente proviene dalla chimica e dalle scienze basate sulla chimica, non solo per la produzione ma, e soprattutto, per l'ambiente, l'alimentazione e la salute. Qui c'è un bisogno urgente di misure riferibili e precise e lo scopo della metrologia e di chi in essa opera è, appunto, di continuare nella missione di tendere verso l'uniformità nella misurazione a livello mondiale.

<sup>1</sup> G.P. Parodi, M. Ostili, G. Mocchi Onori, L'evoluzione della fisica, vol 2 Paravia, 2010

<sup>2</sup> M. C. Sestini, Disse Archimede: da mihi ubi consistam et terram movevo, Atti del VII Congresso Metrologia & Qualità, MFORM2, Aprile 2011

<sup>3</sup> [http://www.inrim.it/ldm/index\\_i.shtml](http://www.inrim.it/ldm/index_i.shtml)

<sup>4</sup> [http://www.bipm.org/en/si/new\\_si/](http://www.bipm.org/en/si/new_si/)

<sup>5</sup> Qui il termine accuratezza assume un significato generico a indicare la qualità delle misure; entrando nello specifico più correttamente si dovrebbe parlare di incertezza

Il lavoro internazionale del BIPM (Bureau International des Poids et Mesures di Sèvres vicino a Parigi) dimostra che la Convenzione del Metro è ancora uno strumento vivente, sensibile alle esigenze correnti della globalizzazione. Ciò sta a testimoniare la sagacia di coloro che si incontrarono a Parigi nel maggio del 1875 proprio per la firma della Convenzione del Metro. L'avventura della metrologia è un'impresa che è stata il propellente per l'evoluzione del mondo moderno e che continua ad aiutare la società.

I metrologi lavorano in svariate aree specializzate in differenti tipi di misurazioni. Al livello scientifico più alto, essi assicurano la consistenza del Sistema Internazionale delle unità di misura (SI) che fu costituito sulle prime unità del Sistema Metrico Decimale e che fu formalmente creato nel 1960. Il loro lavoro di solito coinvolge la ricerca riguardante le definizioni delle unità e i modi per realizzarle con sufficiente livello di incertezza per soddisfare le necessità della società e del mondo della ricerca scientifica. I metrologi legali, a loro volta, sono coinvolti negli aspetti della metrologia nel settore normato che riguarda direttamente i consumatori.

Entrambe i tipi di metrologia, quella scientifica e quella legale, sono essenziali nell'assicurare sistemi nazionali di misura consistenti e riferibili a campioni internazionali facendo quindi in modo che misure e prove fatte in luoghi e Stati diversi possano essere considerate equivalenti.

Il mantenimento del sistema mondiale di unità assume molteplici forme, dalla disseminazione diretta delle unità al loro collegamento e coordinazione attraverso confronti internazionali di campioni di misura nazionali. La firma nel 1999 dell'Accordo di Mutuo Riconoscimento (MRA)<sup>6</sup> segnò un ulteriore avanzamento nell'internazionalizzazione della metrologia. Tale accordo è un mezzo per aumentare la fiducia nelle abilità tecniche dei partecipanti da parte dei laboratori di ogni parte del mondo, per rendere le misure equivalenti e permettere l'emissione di certificati di taratura che siano validati, verificati e accettati da tutti i firmatari. Esso rappresenta un contributo significativo alla riduzione delle barriere tecniche al commercio.

La cultura scientifica non è avulsa da tutto il contesto sociale e dovrebbe essere parte integrante del complesso bagaglio culturale offerto dal sistema dell'istruzione, così da fornire all'individuo-cittadino la capacità critica e gli strumenti necessari per un'autentica e piena possibilità di partecipazione al dibattito pubblico e alle scelte democratiche.

E' quindi essenziale che un approccio scolastico alla metrologia preveda e si accompagni ad un excursus storico sull'origine, la nascita, l'evoluzione dei sistemi metrici<sup>7</sup>. In caso contrario la metrologia scolastica rischia di ridursi a una forma di fredda elencazione di precetti e prescrizioni di cui gli studenti non percepiscono il senso (perdita di umanità ..., appunto). Un approccio metodologico integrato dovrebbe includere anche questo tipo di integrazione tra i due versanti (scientifico e umanistico) di una stessa Cultura.

A William Thomson, lord Kelvin, è attribuita la frase "When you can measure what you are speaking about, and express it in numbers, you know something about it; but when you cannot measure it, when you cannot express it in numbers, your knowledge is of a meager and unsatisfactory kind: it may be the beginning of knowledge, but you have scarcely, in your thoughts, advanced to the stage of science." Che più che mai oggi appare profetica<sup>8</sup>. *La Metrologia, o Scienza della Misura risulta, quindi, essere trasversale alle Scienze e ad esse in costante relazione.*

Quando il risultato della misura deve essere confrontato con limiti definiti a monte (il livello di inquinamento massimo ammesso, la tolleranza garantita sulle caratteristiche di un prodotto), l'esistenza dell'incertezza genera fasce di risultati che rendono ambigua la decisione ma, che, comunque, occorre conoscere..

La nostra società fa fatica ad accettare la coesistenza dell'incertezza con la necessità di decidere senza possibilità di dubbi, senza esitazioni. L'incertezza nelle misure è oggi ben più di un concetto; la sua valutazione si basa su una procedura di calcolo codificata in una norma internazionale<sup>9</sup>.

Va anche notato che un presupposto indispensabile ad ogni discorso sulle regole decisionali è la riferibilità delle misure, ossia l'esistenza di una catena ininterrotta di confronti che consenta il loro collegamento a campioni riconosciuti. La necessità di decidere ci riporta così alle reti di laboratori, agli accordi di mutuo riconoscimento delle misure che essi producono, in un costante tentativo di estendere la riferibilità a tutte le misure prodotte nel mondo.

Nonostante gli sforzi di quanti operano nella "scienza della misura" si riscontra ancora, a più di 140 anni dalla firma della Convenzione del Metro e a più di 50 anni dalla adozione del Sistema Internazionale di unità di misura, una grande carenza di formazione generalizzata per cui la cultura dell'uso di tale sistema, e, soprattutto, della riferibilità di tutti i risultati di misurazione sia un sottofondo comune, unitamente alla comprensione del ruolo della buona valutazione dei valori dell'incertezza di misura ed il suo uso pratico.

<sup>6</sup> Questo accordo a tutt'oggi è stato firmato dai rappresentanti di 93 Istituti, appartenenti a 52 Stati membri e 37 associati della Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM) e 4 organizzazioni internazionali. Il testo del MRA è disponibile nel sito web del Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) alla voce MRA. (<http://www.bipm.org/en/cipm-mra/>).

<sup>7</sup> S. Leschiutta, L'arte della misura del tempo, la storia del metro francese, [http://www.inrim.it/ldm/cd\\_ldm/storia/02.htm](http://www.inrim.it/ldm/cd_ldm/storia/02.htm), la storia del metro

<sup>8</sup> [http://64.28.79.73/read/comment\\_see.cfm?ID=1796](http://64.28.79.73/read/comment_see.cfm?ID=1796)

<sup>9</sup> Norma Italiana: Guida all'espressione dell'incertezza di misura, UNI CEI 9:1997, testo inglese aggiornato: Evaluation of measurement data: Guide to expression of uncertainty in measurement, JCGM 100:2008 (nota come GUM), <http://www.bipm.org/en/publications/guides/gum.html>