Ministero delle Imprese e del Made in Italy

mercato & consumatori

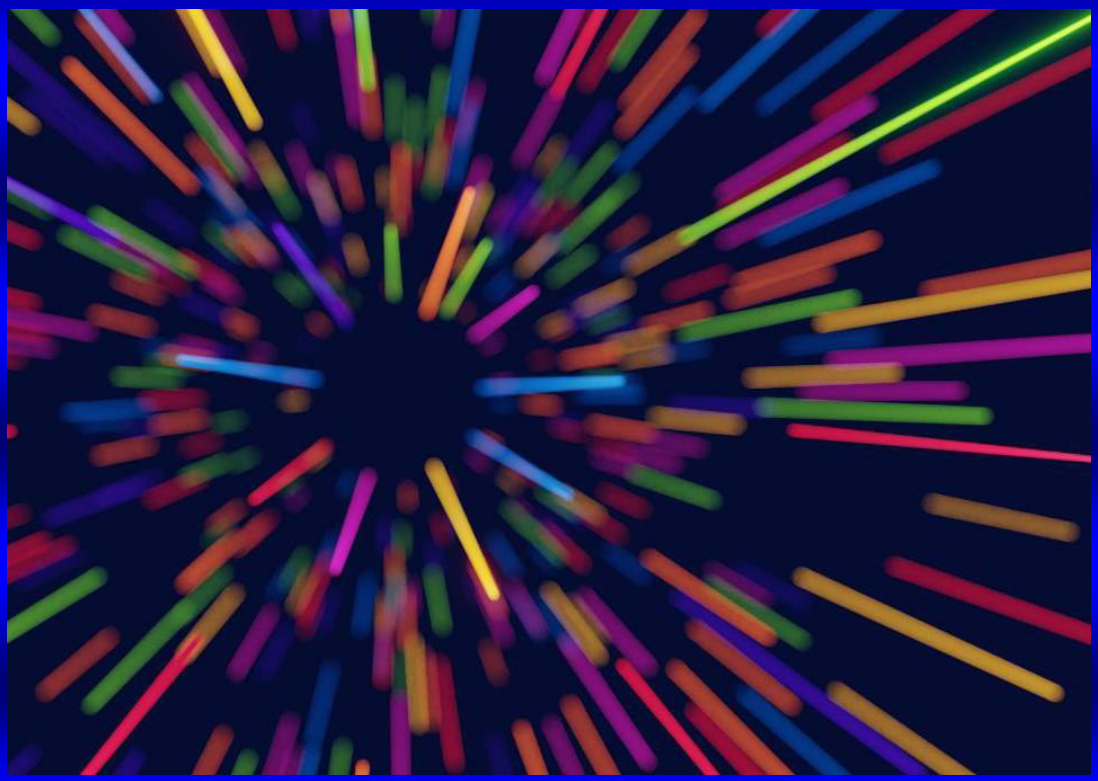
Quaderno informativo

Supplemento quaderno informativo

Interventi al Convegno

“150 anni della Convenzione del Metro: la metrologia tra passato e futuro”

Roma, 6 giugno 2025



Direzione generale consumatori e mercato
via Molise, 2 - 00187 Roma
DGCM@mimit.gov.it
www.mimit.gov.it

Direttore responsabile
Gianfrancesco Romeo

Hanno collaborato in questo numero:
Ing. Daniela La Marra
Gianni Petrillo

Redazione ed editing:
Giusy Raffaele

Si ringraziano gli autori degli articoli che hanno contribuito alla realizzazione di questo numero

In occasione del 150 anni dalla Convenzione del Metro si è voluto dedicare questa giornata celebrativa per offrire un contributo alla riflessione sul percorso evolutivo della metrologia legale. Senza dubbio una ricorrenza importante perché celebra la nascita del trattato internazionale siglato a Parigi nel 1875 per realizzare un sistema di misure comune.

Quando si parla di metrologia legale il presupposto imprescindibile si traduce nel garantire il buon funzionamento del mercato e favorire una maggiore efficacia degli interventi di politica economica.

L'impiego di un sistema universale di unità di misura ha infatti contributo alla riduzione di errori e discrepanze nelle transazioni commerciali nonché dei costi associati alla conversione e alla verifica delle diverse unità misure impiegate per la determinazione di una medesima grandezza. La Convezione ha altresì contribuito a facilitare l'efficienza produttiva delle imprese grazie all'uso di misure standardizzate, che hanno semplificato la progettazione, la realizzazione e il commercio di beni promuovendo la collaborazione tra imprese di diversi paesi, facilitando la condivisione di conoscenze e tecnologie, in un contesto economico più dinamico e prospero a livello globale.

La Convenzione del Metro unendo le economie dei paesi firmatari ha creato un sistema di misurazione uniforme e condiviso facilitando così il commercio internazionale, riducendo le ambiguità e gli errori derivanti dall'uso di sistemi di misura diversi. Inoltre, ha permesso una maggiore cooperazione scientifica e tecnologica, poiché gli scienziati e gli ingegneri potevano lavorare con unità di misura comuni, migliorando così l'innovazione e lo sviluppo tecnologico.

Seppur concisamente, una mostra ripercorre i primi passi compiuti nel XIX secolo nel campo della metrologia legale: un viaggio nella storia della misurazione con un focus particolare su due delle tre grandezze definite nella Convenzione: lunghezza e massa.

Buona lettura.

Il Direttore
della Direzione Generale
Consumatori e Mercato

dott. Gianfrancesco Romeo

INDICE

METROLOGIA: LA SOLIDITA' DELLA CONVENZIONE AL SERVIZIO DELLE NUOVE SFIDE DELLA SOCIETA'
di Pietro Asinari pg.1

LE UNITÀ DI MISURA: UN SISTEMA INTERNAZIONALE TRA COSTANTI DELLA NATURA E TECNOLOGIA IN COSTANTE EVOLUZIONE
di Davide Calonico pg.4

IL RUOLO DEGLI ISTITUTI METROLOGICI NAZIONALI NELLA PROMOZIONE DELL'AFFIDABILITA' DELLE MISURE IN ITALIA
di Massimo Pinto pg.7

IL LABORATORIO DI FREQUENZE CAMPIONE DELL'ISTITUTO SUPERIORE DELLE COMUNICAZIONI E DELLE TECONOLGIE DELL'INFORMAZIONE DEL MIMIT
di Stefano Luvini pg.10

LA METROLOGIA TRA STORIA E VITA QUOTIDIANA
di Paolo Vigo pg.12

LA SINCRONIZZAZIONE DELLE MISURE NEI SISTEMI ELETTRICI DECARBONIZZATI
di Alfredo Vaccaro pg.14

QUANDO LA PRECISIONE E' UNA MISSIONE: LA METROLOGIA AL CUORE DEL POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO
di Federico Fratini pg.17

LA CONVENZIONE DEL METRO E METROLOGIA LEGALE
di Maria Valeria Pennisi pg.19

L'EVOLUZIONE DEI CONTATORI IDRICI: DALLA MECCANICA ALLA SMART INTELLIGENCE
di Pietro Cerami pg.21

L'ITALIA, IL BIPM E LE ORGANIZZAZIONI INTERNAZIONALI
di Alessandro De Angelis pg.23

L'UTILITÀ DELL'ACCREDITAMENTO PER GARANTIRE LA RIFERIBILITA' DELLA MERCE
di Filippo Trifiletti pg.27

LE UNITÀ DI MISURA DEL TEMPO- Mostra
di Gianni Petrillo pg.29

METROLOGIA: LA SOLIDITÀ DELLA CONVENZIONE AL SERVIZIO DELLE NUOVE SFIDE DELLA SOCIETÀ

Intervento di Pietro Asinari[1]

Celebrare il passato è importante, ma guardare al futuro è essenziale. La metrologia, oggi più che mai, è una leva strategica per la competitività del Paese, e il suo sviluppo scientifico rappresenta una delle frontiere più avanzate della ricerca tecnologica. In questo scenario, l'**Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM)** gioca un ruolo chiave, contribuendo con rigore e innovazione alle sfide globali.

La ricerca metrologica

L'INRiM si occupa di sviluppare strumenti, procedure e tecnologie per realizzare misure sempre più precise, accurate ed affidabili. Conta circa 300 dipendenti, di cui oltre 160 ricercatori e ricercatrici, l'istituto vanta anche tre vincitori di prestigiosi European Research Council Grant. Il suo lavoro si estende dalla definizione delle unità primarie alla certificazione degli strumenti, a beneficio di imprese e istituzioni.
Tra le aree di ricerca più attive spiccano le tecnologie quantistiche, le applicazioni spaziali, l'energia (sia per la transizione che per la sicurezza), e la termomeccanica, settore in cui l'Italia ha una lunga tradizione, soprattutto nella manifattura.
Tra le tecnologie più emblematiche ci sono gli orologi atomici, che hanno subìto un'evoluzione straordinaria e oggi si spingono verso la frontiera degli orologi ottici. Grazie alla miniaturizzazione elettronica e all'uso di fenomeni quantistici, questi dispositivi sono alla base di applicazioni cruciali come il geoposizionamento satellitare.
Il sistema europeo *Galileo*, a cui l'INRiM contribuisce da oltre 20 anni, è un esempio concreto: fornisce servizi di osservazione della Terra, telecomunicazioni e navigazione, con ricadute su ambiente, sicurezza e mobilità.

2019: l'anno della rivoluzione metrologica

Il 20 maggio 2019 ha segnato una svolta storica: l'adozione di un nuovo sistema di unità di misura basato su costanti universali della fisica. Questo cambiamento ha permesso di abbandonare definitivamente gli artefatti fisici — come il celebre cilindro campione del chilogrammo — a favore di definizioni fondate su fenomeni quantistici.
Il vantaggio? Una democratizzazione della misura perché ogni laboratorio nel mondo può replicare l'esperimento e ottenere lo stesso risultato, in qualsiasi momento. Questo non solo migliora l'accessibilità, ma stimola anche lo sviluppo di nuove tecnologie.
Le costanti fondamentali non sono solo strumenti teorici, ma sono anche motori di innovazione. Alimentano la ricerca in ambiti come la quantistica, la nanotecnologia, i materiali avanzati e l'intelligenza artificiale. E, soprattutto, rendono possibile una metrologia più diffusa, più precisa, al servizio della società.

[1] presidente dell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica

La metrologia come motore di innovazione

Per meglio comprendere questo concetto di motore di innovazione basta pensare che le tecnologie sviluppate in ambito metrologico da oltre vent'anni stanno oggi generando nuovi prodotti, nuovi mercati e nuove opportunità, anche al di fuori del settore strettamente scientifico. Questo è dovuto anche alle necessità del mondo industriale che chiede strumenti affidabili, certificati, pronti per essere integrati in soluzioni concrete.
Uno dei settori più promettenti è quello delle **tecnologie quantistiche.**
La **comunicazione quantistica** sfrutta i principi della meccanica quantistica per garantire comunicazioni intrinsecamente sicure: se qualcuno tenta di intercettare il messaggio, il sistema lo rileva immediatamente.
Per ottenere questo livello di sicurezza, è necessario lavorare con pacchetti di luce estremamente piccoli, idealmente un fotone alla volta. E qui entra in gioco la metrologia perché solo chi ha la capacità di generare e misurare singoli fotoni può rendere possibile questa tecnologia. È l'ossessione del metrologo per l'accuratezza che apre la strada a queste applicazioni.
L'*Italian Quantum Backbone*, sviluppato dall'INRiM, è un'infrastruttura che consente di sperimentare la distribuzione di chiavi crittografiche quantistiche. Utilizzata da enti come il CNR e l'Agenzia Spaziale Italiana, questa rete è già un banco di prova per applicazioni reali, richieste da aziende che vogliono certificare la sicurezza dei propri sistemi.
Ma la comunicazione quantistica non si ferma al suolo. Il passo successivo è il collegamento tra Terra e spazio, attraverso satelliti. Questo permetterà di estendere la sicurezza quantistica a reti globali, come la costellazione *Galileo* o i satelliti per l'osservazione della Terra. Un salto tecnologico che nasce da una sfida metrologica.
Le tecnologie quantistiche, sviluppate inizialmente per migliorare la misura, stanno oggi aprendo nuove frontiere in settori strategici come la sicurezza, l'energia e l'informatica.
I **sensori quantistici** rappresentano un'altra delle applicazioni più promettenti. Operando su scala atomica, permettono di miniaturizzare la capacità di misura, integrandola direttamente nei dispositivi elettronici. Questo significa non solo maggiore precisione, ma anche riferibilità intrinseca, ovvero la possibilità di garantire la tracciabilità della misura senza dover ricorrere a strumenti esterni.
Un esempio concreto è l'*imaging quantistico*, che sfrutta il fenomeno dell'*entanglement* per migliorare la risoluzione e ridurre il rumore nelle immagini. Una tecnologia che, sebbene ancora in fase di sviluppo, ha già attirato l'interesse di grandi gruppi industriali.
Rimanendo nel settore delle tecnologie quantistiche, un altro ambito in rapida evoluzione è quello della **computazione quantistica**. Sebbene i computer quantistici non siano ancora pienamente maturi, la loro potenza computazionale è potenzialmente esponenziale. Quando saranno maturi, potrebbero rivoluzionare il modo in cui elaboriamo i dati, soprattutto se combinati con l'intelligenza artificiale. Per questo, enti metrologici di tutto il mondo — come il VTT finlandese o il KRISS sudcoreano —

collaborano con aziende per caratterizzare i componenti fondamentali di questi sistemi, come i *qubit*. Anche l'INRiM è coinvolto: a Torino è stata recentemente installata una nuova macchina quantistica computazionale, ed i ricercatori sono impegnati nella misura di correnti piccolissime, una sfida ricorrente della metrologia, ma applicata a dispositivi completamente nuovi.
Per affrontare queste sfide, servono infrastrutture avanzate e nuove competenze. L'INRiM collabora con il Politecnico e l'Università di Torino per formare le nuove generazioni di ricercatrici e ricercatori, anche grazie a strutture condivise come le camere bianche, ambienti controllati dove si progettano e testano dispositivi su scala nanometrica.
Come detto, un altro settore cruciale è quello dell'**energia**, dove la metrologia contribuisce sia alla transizione ecologica sia alla sicurezza energetica. Misurare con precisione ed accuratezza significa garantire la qualità dei vettori energetici, assicurare una fatturazione corretta e, in ultima analisi, sostenere la competitività del sistema Paese.
Anche in questo caso, la metrologia non ha la pretesa di risolvere da sola problemi complessi, ma fornisce strumenti essenziali per affrontarli. La capacità di misurare con accuratezza è alla base di ogni innovazione, di ogni controllo, di ogni decisione strategica.
Grazie ai fondi del PNRR, l'INRiM ha potuto sviluppare sensori miniaturizzati per monitorare i vettori energetici, come l'idrogeno, in modo capillare e affidabile.
Questa capacità di misurare in modo distribuito è fondamentale per presidiare il sistema energetico nazionale, ma anche per favorire l'innovazione industriale. Tuttavia, per trasformare la tecnologia in mercato servono norme armonizzate, e qui la metrologia può giocare un ruolo da facilitatore, mettendo a disposizione dati, competenze e strumenti per supportare il lavoro normativo.

Nel giorno in cui si celebrano i 150 anni della metrologia moderna, è chiaro che questa disciplina è tutt'altro che statica. È in trasformazione continua, in ascolto delle nuove sfide tecnologiche, pronta a collaborare con istituzioni, imprese e università per costruire un futuro più accurato, più sicuro, più sostenibile.

LE UNITÀ DI MISURA: UN SISTEMA INTERNAZIONALE TRA COSTANTI DELLA NATURA E TECNOLOGIA IN COSTANTE EVOLUZIONE

Intervento di Davide Calonico[2]

Nel 2025 celebriamo non solo i 150 anni della Convenzione del Metro, ma anche la vitalità di un sistema che, pur nato da un trattato diplomatico, è oggi una delle infrastrutture scientifiche e tecnologiche più importanti al mondo.
Il **Sistema Internazionale delle Unità di Misura (SI)** è un linguaggio comune che unisce scienza, industria e società, e che continua a evolversi per rispondere alle sfide del presente e del futuro.

Un sistema fondato sulle costanti della natura

Dal 2019, il SI è basato su **sette costanti fondamentali della fisica**, come la velocità della luce nel vuoto, la costante di Planck e il numero di Avogadro. Queste costanti non sono solo simboli astratti: sono valori fissati per convenzione, che permettono di definire le sette unità fondamentali (metro, secondo, chilogrammo, ampere, kelvin, mole e candela).
Questa scelta rappresenta un cambio di paradigma: non si definisce più il metro come "la lunghezza di un cammino percorso dalla luce", ma si fissa la velocità della luce e si deduce da essa la definizione del metro. È un sistema che abbraccia la tecnologia in costante evoluzione, mantenendo però l'universalità e la stabilità come principi guida. Infatti, dal 2019 non siamo più costretti a seguire una particolare strada per realizzare la definizione: scegliamo quanto di meglio ci offre la tecnologia contemporanea per realizzarla.

Un linguaggio comune per superare la Torre di Babele

Nel celebre dipinto di Pieter Bruegel il Vecchio, la Torre di Babele simboleggia la confusione dei linguaggi. Il SI, invece, è nato proprio per evitare questa confusione nel mondo delle misure. È un linguaggio condiviso da tutti i Paesi, che consente lo scambio di beni, dati e conoscenze in modo affidabile e trasparente. Anche se alcuni "dialetti" persistono (come le unità anglosassoni), il SI resta il riferimento globale. E l'Italia, attraverso l'**INRiM**, è parte attiva di questa comunità scientifica internazionale, contribuendo alla definizione, alla diffusione e al miglioramento delle unità di misura.

La storia moderna della unità del Sistema Internazionale a è passata attraverso tre fasi:

[2] Direttore scientifico dell'INRiM

1. La definizione tramite artefatti: oggetti fisici come il cilindro campione del chilogrammo, conservato a Sevres. Il limite di un artefatto è la possibilità di cambiare del tempo, quindi la loro stabilità, o addirittura la possibilità di essere danneggiati, distrutti, e comunque sono unici, la realizzazione coincide con la definizione e il mondo può solo dotarsi di copie che vanno tarate regolarmente con l'unico campione primario.
2. La definizione tramite stati fisici specifici: come fu il punto triplo dell'acqua per il kelvin, o la lunghezza d'onda della luce emessa da una lampada al cripton per il metro. Più universali, ma con limiti di accuratezza e un forte legame con la tecnologia presente all'epoca di definizione, non sono sempre aggiornabili.
3. La definizione tramite costanti fondamentali: valori immutabili della natura, che permettono di definire le unità in modo stabile, riproducibile e accessibile ovunque, oltre a usare per la realizzazione ogni tecnologia disponibile e congrua ai tempi.

Questa evoluzione ha il chiaro obiettivo di garantire universalità, perennità, riproducibilità, accuratezza e stabilità. In altre parole, fare in modo che un chilogrammo sia sempre un chilogrammo, ovunque e in qualsiasi momento.
Tra le unità fondamentali, il secondo è oggi al centro di nuove ricerche. L'obiettivo è migliorare ulteriormente la sua definizione, sfruttando orologi atomici sempre più precisi, come quelli ottici, sempre basati sugli atomi, ma che ne sfruttano transizioni nel dominio del visibile e non delle microonde come avviene oggi. Questo perché l'evoluzione tecnologica della società ha nuovi bisogni: dai sistemi di navigazione satellitare alla finanza, dalla scienza dei materiali alla medicina, la precisione del tempo è sempre più un'esigenza trasversale.
La metrologia non è un vezzo per scienziati, ma una necessità per la società. Serve per garantire la correttezza delle transazioni commerciali, la sicurezza dei prodotti, l'affidabilità dei dati scientifici. Inoltre, deve essere pronta a rispondere ai bisogni emergenti, senza diventare un limite per l'innovazione.
Come dimostra la storia delle telecomunicazioni in fibra ottica negli anni '80 e '90, la mancanza di procedure metrologiche può rallentare lo sviluppo. Per questo, la metrologia deve essere pragmatica, evolutiva e collaborativa.

Le costanti della natura e la liberazione dagli artefatti

L'evoluzione del Sistema Internazionale delle unità di misura (SI) ha raggiunto un traguardo straordinario: oggi le unità fondamentali non sono più ancorate ad artefatti fisici, ma a costanti universali della natura. Questo cambiamento ha reso le definizioni immutabili, stabili e riproducibili ovunque, aprendo la strada a una metrologia più democratica e tecnologicamente avanzata.
Definire le unità attraverso costanti come la **costante di Planck** o la **velocità della luce** significa che ogni laboratorio nel mondo può realizzare la stessa unità con metodi diversi, purché coerenti con la definizione. Non è più necessario cambiare la definizione ogni volta che si scopre un metodo migliore, ma basta migliorare la realizzazione.

Questo approccio ha eliminato molte delle "barriere invisibili" che in passato hanno rallentato l'innovazione. Un esempio emblematico è l'orologio al cesio: anche se oggi esistono orologi più precisi, non possono essere usati come riferimento ufficiale finché non si aggiorna la definizione del secondo.
Il passaggio dagli artefatti alle costanti ha riguardato tutte le unità fondamentali. Il **chilogrammo**, un tempo definito da un cilindro di platino-iridio conservato a Parigi, è oggi legato alla costante di Planck. Il **metro**, che era una barra metallica, è ora definito dalla velocità della luce. E il **secondo**, che un tempo si basava sulla rotazione terrestre, è oggi ancorato a una transizione atomica.
Questi cambiamenti hanno permesso di aumentare l'accuratezza e di ridurre l'incertezza, rispondendo alle esigenze di una società che richiede misure sempre più precise, dalla geodesia all'esplorazione spaziale.
Il prossimo grande passo sarà la ridefinizione del secondo, prevista intorno al 2030. Gli orologi ottici, che utilizzano transizioni atomiche nella banda della luce visibile, offrono accuratezza e stabilità superiori a quella degli orologi al cesio. Ma per adottarli come riferimento ufficiale, serve un consenso internazionale e la capacità di disseminare il tempo in modo affidabile.
La sfida non è solo scientifica, bisogna garantire che tutti i Paesi possano accedere a questa nuova definizione, e che le infrastrutture siano pronte a supportarla.

L'Italia protagonista nella metrologia mondiale

L'Italia, attraverso l'INRiM, ha dato contributi fondamentali all'evoluzione del Sistema Internazionale. Tre esempi recenti lo dimostrano:

- La **fontana atomica di cesio**, tra le cinque migliori al mondo per la realizzazione del secondo,
- La misura del parametro reticolare su una **sfera perfetta di silicio**, utilizzata per determinare con precisione la costante di Avogadro,
- La misura della velocità del suono nel **risonatore acustico a microonde**, che ha permesso la misura più accurata della costante di Boltzmann.

Questi risultati sono il frutto di una collaborazione internazionale tra istituti diversi uniti dallo stesso obiettivo di costruire un linguaggio comune per la scienza, la tecnologia e la società.

IL RUOLO DEGLI ISTITUTI METROLOGICI NAZIONALI NELLA PROMOZIONE DELL'AFFIDABILITÀ DELLE MISURE IN ITALIA

Intervento di Massimo Pinto[3]

In un'epoca segnata da conflitti e divisioni, la Convenzione del Metro fu un atto di straordinaria collaborazione internazionale. Lo storico americano Ken Adler la definisce "una storia di pazienza, esattezza e cooperazione", capace di unire nazioni in un progetto comune. Tra queste, anche l'Italia, appena unificata, che ebbe la lungimiranza di adottare unità di misura "che non appartenevano a nessuno perché appartenevano a tutti". Senza quella scelta, oggi forse misureremmo ancora la farina in cucchiaini e le distanze in iarde.

Chi siamo: l'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti

Fatta questa premessa, si apre il racconto dell'**Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (INMRI)**, una realtà poco conosciuta ma fondamentale per la sicurezza e la qualità delle misure nel nostro Paese. Spesso confuso con l'INRIM di Torino, l'INMRI è parte del sistema nazionale di taratura e ha sede presso il centro ricerche ENEA di Casaccia, a pochi chilometri da Roma.
La sua missione? Garantire la riferibilità e l'affidabilità delle misure legate alle radiazioni ionizzanti — quelle che non si vedono, non si sentono, ma che hanno un impatto diretto sulla nostra salute, sull'ambiente e sull'industria.
L'INMRI è composto da due settori principali: **dosimetria** e **radioattività**. Il primo si occupa della misura delle dosi assorbite da materiali e tessuti, il secondo della rilevazione e quantificazione della radioattività. Le grandezze fisiche trattate sono altamente derivate, lontane dalle costanti fondamentali del Sistema Internazionale, e spesso richiedono strumenti tarati proprio dall'INRIM per misurare alcune delle grandezze coinvolte nelle misure dell'INMRI.
L'istituto oggi conta 19 persone, ma è in piena espansione, con nuove assunzioni in corso per rispondere alle crescenti esigenze.

Dalla sanità all'industria: dove servono le misure dell'INMRI

Le attività dell'INMRI toccano ambiti cruciali. In sanità, le misure garantiscono la sicurezza dei pazienti in radioterapia, medicina nucleare e diagnostica per immagini. Chi non ha mai fatto una radiografia o una TAC? Dietro ogni dose somministrata, c'è un lavoro di taratura e controllo che parte proprio da qui.
Ma l'impatto va oltre: industria nucleare, protezione ambientale, ricerca scientifica e persino esportazioni tecnologiche beneficiano del supporto metrologico dell'Istituto.
Una delle attività strategiche dell'INMRI è il supporto ai laboratori italiani attraverso confronti interlaboratorio (ILC). Questi esercizi sono fondamentali per validare metodi di misura e garantire l'affidabilità dei risultati nel tempo. Ogni laboratorio che voglia

[3] Direttore dell'INMRI

accreditarsi — o semplicemente dimostrare la propria competenza — deve partecipare a questi confronti.
Tra il 2020 e il 2022, l'INMRI ha coordinato la più grande campagna nazionale mai realizzata in Italia per valutare la qualità delle misure di radiazioni ionizzanti. Finanziata dal Ministero delle Imprese e del Made in Italy, ha coinvolto 180 partecipanti e portato a termine 150 confronti, coprendo tutto il territorio nazionale.
La campagna ha incluso confronti mai realizzati prima in Italia, come la misura dell'attività dei radiofarmaci in medicina nucleare o la contaminazione superficiale per la radioprotezione. I partecipanti provenivano in gran parte dal settore sanitario — ospedali, aziende sanitarie, enti regionali — ma non solo.

ILC	Tematica generale
1	Attività di radionuclidi (gamma-emettitori + ^{90}Sr) in una soluzione liquida acquosa
2	Attività di radiofarmaci (^{99m}Tc, ^{18}F, ^{177}Lu)
3	Concentrazione di attività del ^{222}Rn in aria
4	Dose assorbita in acqua in fasci di fotoni per radioterapia con campi piccoli
5	Equivalente di dose personale, $H_p(10)$, con dosimetri di tipo passivo (^{137}Cs, raggi x di medie energie)
6	Contaminazione superficiale (^{241}Am, ^{90}Sr) con sorgenti piane ed estese (SPE)

Il rapporto tecnico finale, pubblicato di recente, documenta un successo che dimostra come anche un piccolo istituto possa avere un impatto nazionale, contribuendo alla sicurezza, alla qualità e alla competitività del sistema Paese.

Rapporto tecnico conclusivo (2025) https://iris.enea.it/retrieve/33c34016-eb5a-443d-a894-341368cc8d8b/RT-2025-08-ENEA.pdf

Una nuova campagna

Sull'onda del successo, e grazie al rinnovato sostegno del Ministero delle Imprese e del Made in Italy, è stata lanciata una nuova campagna nazionale. Questa volta, però, l'obiettivo si allarga: non solo radiazioni ionizzanti, ma anche non ionizzanti, mediante la promozione continua dell'affidabilità delle misure, permettendo a tutti i laboratori coinvolti nel programma di individuare le principali fonti di errore e di migliorare le procedure sperimentali adottate.
Il cuore del progetto, in partnership con l'INRiM, resta la tutela dei cittadini, non solo in ambito sanitario, ma in tutti quei contesti in cui la misura accurata delle radiazioni è fondamentale per la sicurezza e la qualità della vita.
Il nuovo programma prevede otto confronti interlaboratorio, alcuni dei quali mai realizzati prima in Italia. Tra questi:

- la misura dell'equivalente di dose ambientale su impianti con produzione diretta di neutroni;
- la brachiterapia, una tecnica oncologica che utilizza sorgenti radioattive localizzate;
- la verifica dei misuratori di Dose-Area Product (DAP), presenti in quasi tutte le apparecchiature di diagnostica radiologica;

- e, per la prima volta, un confronto sulla risonanza magnetica quantitativa, in collaborazione con l'INRiM.

Quest'ultimo confronto potrebbe aprire la strada a una maggiore uniformità diagnostica tra ospedali, riducendo le incertezze e aumentando la fiducia nei risultati clinici.
Il programma è stato appena avviato: è stato costituito il comitato scientifico e sono in fase di formazione i gruppi di lavoro. I protocolli sperimentali saranno presentati nei prossimi mesi in occasione di congressi nazionali a Padova e Verona, dove si raccoglieranno anche le adesioni.
L'esecuzione vera e propria è prevista per l'anno 2026, e i risultati saranno resi pubblici in seguito. Un altro passo utile per un'Italia che misura, con rigore metrologico, anche ciò che non si vede.

IL LABORATORIO DI FREQUENZE CAMPIONE DELL'ISTITUTO SUPERIORE DELLE COMUNICAZIONI E DELLE TECONOLGIE DELL'INFORMAZIONE DEL MIMIT

Intervento di Stefano Luvini[4]

In un'epoca di trasformazioni tecnologiche rapide e pervasive anche le istituzioni pubbliche si trovano a operare in un contesto in continua evoluzione. È il caso dell'**Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione (ISCTI)**, parte della Direzione Generale per il Digitale e le Telecomunicazioni del Ministero delle Imprese e del Made in Italy, che da decenni svolge un ruolo fondamentale nella **metrologia del tempo e della frequenza**.

Un'eredità storica, uno sguardo al futuro

L'ISCTI non è il classico ufficio ministeriale ma è un centro di ricerca e sperimentazione con una lunga storia. Già nel 1968 i suoi laboratori testavano comunicazioni ottiche in spazio libero e utilizzavano da subito le varie innovazioni, come i primi strumenti di regolazione al quarzo, in evoluzione rispetto a precedenti sistemi meccanico-elettrici. Oggi, l'istituto continua a innovare, cercando di mantenere una tradizione di eccellenza tecnica e scientifica.
Tra le sue attività più rilevanti c'è la gestione del *laboratorio di frequenze campione* che ospita l'orologio nazionale di riferimento: un'infrastruttura strategica per garantire la sincronizzazione temporale in settori critici come le telecomunicazioni, l'energia e i servizi digitali.

L'orologio nazionale

Il cuore del sistema è costituito da orologi atomici basati su **campioni di cesio**, noti per la loro stabilità e affidabilità. Questi sono integrati in un'architettura che genera un segnale di riferimento a 2048 kHz, distribuito tramite fibra ottica a operatori pubblici e privati.
In un mondo in cui i riferimenti temporali tramite GPS sono vulnerabili a interferenze o manipolazioni (spoofing e jamming), avere un riferimento indipendente e ridondante è fondamentale per raggiungere i risultati di resilienza necessari alla gestione di settori critici. L'ISCTI fornisce questo servizio con un sistema ridondato su tre filoni paralleli, in grado di garantire continuità anche in caso di guasto su singoli elementi.
Il segnale di tempo e frequenza fornito dall'ISCTI è utilizzabile da operatori di telecomunicazioni, gestori di rete elettrica e da altre pubbliche amministrazioni. È un servizio nato storicamente dall'attività istituzionale dell'istituto, ma disponibile anche a pagamento su richiesta per conto terzi, con un modello che unisce rigore scientifico e utilità pratica.

[4] Dirigente della Direzione generale per il digitale e le telecomunicazioni - Istituto superiore delle comunicazioni e delle tecnologie dell'informazione del MIMIT

Per garantire l'affidabilità del segnale fornito, ogni giorno vengono effettuate misure di controllo e ogni trimestre viene rilasciata una certificazione ufficiale da parte dell' Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM). I risultati dimostrano un'elevata precisione, frutto di anni di ricerca e sviluppo interno. La metrologia del tempo è un bene pubblico e l'ISCTI è pronto a metterla al servizio del Paese.
L'ISCTI non è solo un custode del tempo ma è un laboratorio dinamico, dove si progettano e testano soluzioni per affrontare le sfide del presente e del futuro. In un'epoca in cui la standardizzazione internazionale, la cybersecurity e la resilienza digitale sono temi centrali, il contributo dell'istituto è più che mai rilevante.

Tempo in fibra: precisione per l'energia e oltre

Oltre alla gestione dell'orologio nazionale, l'Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione (ISCTI) è impegnato in attività di ricerca avanzata nel campo della metrologia del tempo e della frequenza. Una delle sfide più recenti, a cui si sta lavorando anche tramite collaborazioni con l'Università del Sannio, è lo sviluppo di una scala temporale, capace di fornire riferimenti temporali e segnali di sincronizzazione ad alta precisione, distribuiti attraverso fibra ottica utilizzando il Precision Time Protocol (PTP).
Questa tecnologia, ancora in fase di sperimentazione, ha già prodotto risultati promettenti. In uno degli studi più recenti è stata simulata una tratta di 100 km in fibra ottica, con ottimi livelli di precisione e affidabilità. Le applicazioni potenziali sono molteplici: dai settori della distribuzione dell'energia elettrica alla sincronizzazione di reti industriali, fino alla cybersecurity.
L'obiettivo è arrivare a un prodotto finito, un servizio che possa essere messo a disposizione di enti pubblici e privati, contribuendo alla resilienza digitale del Paese.

Viviamo un momento storico stimolante e complesso, in cui la tecnologia evolve rapidamente e richiede collaborazione tra istituzioni, imprese, università e centri di ricerca. L'ISCTI si considera parte di questa orchestra nazionale, dove ogni attore contribuisce a costruire un sistema più preciso, più sicuro, più interconnesso.
La metrologia del tempo non è solo un complesso esercizio tecnico ma è una infrastruttura strategica, una leva per l'innovazione, un servizio pubblico essenziale. In questo l'Istituto Superiore delle Comunicazioni dimostra come anche un "cugino digitale" possa suonare una nota fondamentale nella sinfonia del progresso.

LA METROLOGIA TRA STORIA E VITA QUOTIDIANA

Intervento di di Paolo Vigo[5]

Nel cuore della nostra vita quotidiana si nasconde una scienza silenziosa ma fondamentale: la metrologia. Una disciplina che affonda le sue radici nella storia dell'umanità e che oggi regola ogni aspetto della nostra esistenza, dalle bollette di casa al tassametro del taxi.

Dalle misure del corpo umano al sistema metrico decimale

La metrologia nasce nel momento in cui l'uomo abbandona il baratto per entrare nel mercato. Per commerciare, infatti, è necessario quantificare. In passato, le misure erano antropomorfe: il pollice di Enrico VIII, lungo 2,54 cm, o la yarda, definita come la distanza tra la punta del naso e il pollice del re. Ma con l'Illuminismo e il desiderio di universalità, si afferma il paradigma del sistema metrico decimale.
Nel 1875, con la firma della Convenzione del Metro da parte di 17 Paesi, tra cui l'Italia, nasce un accordo internazionale che sancisce l'abbandono delle misure arbitrarie in favore di unità standardizzate. Il Regno di Piemonte fu tra i primi ad adottarlo già nel 1853, seguito poi dal neonato Regno d'Italia già nella seconda riunione del suo parlamento.
Oggi, misurare è un atto quotidiano a cui spesso non pensiamo perché automatico. Dal tempo che scandisce le nostre giornate, all'energia che usiamo per scaldare il caffè a colazione, tutto è regolato da strumenti di misura. La direttiva europea MID (Measuring Instruments Directive) elenca dieci strumenti con cui interagiamo ogni giorno: contatori dell'acqua, del gas, dell'elettricità, dell'energia termica, tassametri e altri ancora. Dietro ognuno di essi si cela una transazione commerciale, e quindi la necessità di precisione e affidabilità.

Un sistema di riferibilità globale

Già nei negli antichi libri sacri, come il Corano, si fa riferimento alla necessità di avere misure esatte ed "è abominio del Signore un uso di pesi non esatti". Di conseguenza la convenzione del metro, a cui si aggiungono sempre nuovi Paesi firmatari, è basata su un concetto fondamentale che è quello della riferibilità. E infatti la Convenzione del Metro impone a ogni Paese firmatario di istituire un ente nazionale per la metrologia, incaricato di mantenere e diffondere i campioni di riferimento. In Italia, questo compito è affidato a laboratori accreditati che garantiscono la riferibilità delle misure, ovvero la

[5] professore emerito presso l'Università degli Studi di Cassino e del Lazio meridionale, professore straordinario all'Universitas Mercatorum, è stato presidente del comitato centrale metrico del Ministero dell'Industria, ora Ministero delle imprese.

possibilità di collegare ogni misura a un campione riconosciuto, attraverso una catena ininterrotta di confronti.
Ogni misura, però, è affetta da un'incertezza. Più ci si allontana dal campione di riferimento con misure in cascata, maggiore è l'incertezza. Ecco perché è fondamentale mantenere una rete di taratura efficiente, che assicuri dati affidabili per l'industria, la ricerca e la vita quotidiana.
Nonostante la sua importanza, la metrologia resta spesso ai margini della formazione scolastica. Eppure, comprendere cosa c'è dietro una misura è un sapere che dovrebbe essere trasmesso con forza, soprattutto agli studenti delle discipline tecnologiche.
Infine, un monito curioso ma significativo: attenzione all'uso di unità non riconosciute dal Sistema Internazionale, come i cavalli per la potenza delle vostre auto o i nodi per la velocità delle navi. Si tratta di unità non previste dal SI e, quindi, il loro uso è sanzionabile.

LA SINCRONIZZAZIONE DELLE MISURE NEI SISTEMI ELETTRICI DECARBONIZZATI

Intervento di Alfredo Vaccaro[6]

Mentre si festeggiano i 150 anni della Convenzione del Metro, un gruppo di esperti nominati dall' European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSOe) – l'associazione che raggruppa i gestori delle reti di trasmissione nazionali dei paesi europei – è impegnato nell'analisi dei profili temporali di oltre 200 variabili misurate su tutta la rete elettrica europea con l'obiettivo di ricostruire le cause che hanno condotto al recente blackout che ha colpito la rete elettrica della penisola iberica che, in meno di un minuto, è collassata, lasciando due nazioni senza energia elettrica per circa dieci ore. Un evento che dimostra quanto le misure siano fondamentali per comprendere, prevenire e gestire le criticità nell'esercizio nei moderni sistemi elettrici.

La rete elettrica: spina dorsale della transizione energetica

Contrariamente a quanto si pensa, la transizione energetica non si realizza semplicemente installando ovunque pannelli fotovoltaici o turbine eoliche, in quanto tali sistemi di generazione, sebbene sostenibili, non sono programmabili e vanno, pertanto, connessi alla rete elettrica. Quest'ultima deve, pertanto, essere in grado di integrare fonti rinnovabili e fonti tradizionali, gestire flussi di potenza intermittenti garantendo stabilità, affidabilità e resilienza, nonché il perfetto bilanciamento in tempo reale della potenza generata e di quella assorbita da tutti i generatori e carichi connessi alla rete.

Le reti elettriche di oggi sono progettate ed esercite secondo criteri completamente diversi rispetto a quelli assunti come riferimento appena dieci anni fa. La produzione centralizzata, affidata a centrali di grandi dimensioni alimentate da fonti fossili i cui gruppi di generazione risultano facilmente regolabili e composti da notevoli masse rotanti, sta lasciando il posto a una generazione distribuita, basata su fonti rinnovabili come il fotovoltaico e l'eolico, che sono connesse alla rete mediante sistemi di conversione statica che, evidentemente, non offrono inerzia al sistema. L'intrinseca assenza di inerzia dei generatori rinnovabili è una delle più complesse problematiche tecniche da affrontare nei sistemi elettrici decarbonizzati. Infatti, l'inerzia delle masse rotanti è il primo fenomeno che, in caso di perturbazioni, contribuisce a stabilizzare la frequenza della rete. La progressiva scomparsa delle masse rotanti dei grandi gruppi di generazione sincrona rende i moderni sistemi elettrici più vulnerabili alle perturbazioni dinamiche, come peraltro dimostrato dai recenti blackout in Brasile e Cile oltre che dal citato blackout iberico. Le fonti rinnovabili, inoltre, sono non programmabili perché

Perché in bolletta continuiamo a pagare anche quando l'energia costa zero?
Perché il costo dell'energia è solo una parte: il resto sono servizi di dispacciamento, necessari per mantenere l'equilibrio del sistema.

[6] professore ordinario presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università del Sannio

producono energia in base alle condizioni meteorologiche (irraggiamento solare e velocità/direzione del vento, rispettivamente per gli impianti fotovoltaici ed i sistemi eolici), introducendo aleatorietà e rendendo più complesso il bilanciamento tra la potenza generata ed assorbita nella rete.
Per quanto riguarda gli effetti delle rinnovabili sul prezzo dell'energia, si osservano due tendenze opposte. Da un lato, l'incremento della generazione rinnovabile comporta una diminuzione del prezzo di equilibrio dei mercati elettrici dell'energia, in quanto i generatori rinnovabili, al contrario di quelli fossili, sono caratterizzati da un costo di produzione marginale nullo. Ad esempio il primo maggio 2025, in alcune ore del giorno, il prezzo dell'energia sul mercato del giorno prima è stato pari a zero. Tuttavia, l'incremento di generazione rinnovabile comporta un incremento sensibile dell'incertezza di esercizio del sistema elettrico la cui gestione richiede, evidentemente, maggiori sorgenti di flessibilità elevando, di conseguenza, il valore di tali risorse sul Mercato per il Bilanciamento e il Ridispacciamento. Pertanto, il prezzo di equilibrio dell'energia in tale mercato, nel quale il gestore della rete di trasmissione nazionale (Terna) acquista le risorse utili alla gestione sicura ed affidabile della rete, tende ad aumentare con l'aumentato della generazione rinnovabile.

In questo contesto, le misure diventano centrali. Non solo per monitorare, ma per prevedere e reagire. Ogni 20 millisecondi, centinaia di sensori, noti come Unità di Misura dei Fasori, inviano dati al centro di controllo della rete elettrica nazionale: una mole enorme di informazioni che devono essere elaborate in tempo reale per monitorare gli asset di rete strategici, mitigando gli impatti delle perturbazioni dinamiche, e riducendo la probabilità che possano innescarsi complessi fenomeni oscillatori che potrebbero evolvere in blackout.
La sfida non è solo tecnica, è anche cognitiva. Serve una nuova generazione di professionisti capaci di integrare competenze in ingegneria elettrica, metrologia, ICT, machine learning. Governare una rete elettrica oggi significa estrarre conoscenza dai dati, anticipare i problemi, prendere decisioni rapide ed affidabili.

La parola chiave per la rete elettrica e per i produttori di energia è flessibilità. I sistemi elettrici del futuro saranno decarbonizzati, ma anche dinamici e adattivi. Le imprese che sapranno offrire servizi di flessibilità — come accumulo, virtual power plants, demand response, aggregazione dinamica di risorse energetiche— potranno partecipare attivamente ai mercati dell'energia fornendo ai gestori dei sistemi elettrici servizi ancillari innovativi.
Il nuovo Testo Integrato del Dispacciamento Elettrico va proprio in questa direzione. Infatti incentiva soluzioni virtuose di flessibilità energetica che rendano la rete più stabile, efficiente e sostenibile.

Misure sincronizzate e resilienza della rete elettrica nell'era della decarbonizzazione

Nel cuore della transizione energetica, la rete elettrica si conferma come una delle infrastrutture più complesse e strategiche mai costruite dall'uomo. Ma per renderla davvero resiliente, sostenibile e sicura, serve una nuova generazione di strumenti di misura. A loro non è richiesto solo precisione, ma anche un'adeguata sincronizzazione nel tempo.

Un elemento chiave è l'unità di misura dei fasori (Phasor Measurement Unit), che permettono di rilevare in tempo reale lo stato della rete elettrica. In Italia, il sistema WAMS (Wide Area Measurement System) conta circa 250 PMU, che forniscono dati sincronizzati con un'accuratezza al microsecondo.

Lo sapevi che oggi un centro dati per l'intelligenza artificiale consuma energia come un'acciaieria?
Se un tempo i giganti energivori erano le industrie pesanti, oggi il primato spetta ai server che alimentano l'IA: un singolo data center può arrivare ad assorbire più di 50 megawatt, l'equivalente di una piccola città.

Ma per garantire questa sincronizzazione, serve un riferimento temporale affidabile. Oggi, la maggior parte dei sistemi si basa su orologi GPS commerciali, che però presentano due problemi: non sono sotto controllo nazionale e non garantiscono l'integrità del dato. Sono vulnerabili ad attacchi informatici, come dimostrato da studi americani su tentativi di blackout indotti tramite Time Synchronization Attack.

Per rispondere a questa vulnerabilità, l'università degli studi del Sannio e l'Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione (ISCTI) stanno sperimentando l'uso dell'orologio nazionale come fonte di sincronizzazione per le PMU. L'obiettivo è estendere su scala geografica l'accuratezza e l'affidabilità del sistema, riducendo la dipendenza da tecnologie esterne e aumentando la resilienza digitale della rete elettrica nazionale.

Infine, la rete elettrica del futuro sarà "user-centrica". Il cittadino non è più solo un consumatore, ma anche un produttore di energia, grazie al fotovoltaico e ad altri sistemi distribuiti. Per questo, servono sistemi di misura efficienti, trasparenti e accessibili, che permettano a tutti di comprendere, gestire e ottimizzare i propri consumi

QUANDO LA PRECISIONE è UNA MISSIONE: LA METROLOGIA AL CUORE DEL POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO

Intervento di Federico Fratini[7]

Per chi lavora al Poligrafico e Zecca dello Stato, la metrologia non è solo una disciplina tecnica: è una presenza costante, quasi un'ossessione. Ogni prodotto, ogni documento, ogni moneta che esce dagli stabilimenti deve rispondere a standard rigorosi di qualità, sicurezza e tracciabilità. E non potrebbe essere altrimenti, visto che si tratta di beni che finiscono nelle tasche, nei portafogli e nelle mani di tutti noi.

Le produzioni del Poligrafico

Il Poligrafico progetta e realizza prodotti di sicurezza e soluzioni tecnologiche integrate per la tutela della fede pubblica. Parliamo di **documenti d'identità, passaporti, targhe automobilistiche, bollini farmaceutici**, ma anche della **Gazzetta Ufficiale** e, naturalmente, delle **monete in euro a corso legale**.
Ogni anno vengono prodotte circa 200 milioni di monete, soggette non solo al controllo interno, ma anche a quello della Banca Centrale Europea. La conformità ai parametri europei è imprescindibile, e la Zecca dello Stato italiano si distingue per rigore e qualità.
Altri esami di qualità sono affidati agli ispettori metrici del MIMIT che effettuano controlli regolari per le cosiddette "celle di collaudo", dove le monete in metallo prezioso vengono verificate prima di essere immesse sul mercato. Solo dopo il controllo e la certificazione del titolo, possono essere lavorate.

La certificazione dei processi

Il Poligrafico possiede **10 certificazioni**, tra cui quelle per i servizi IT, la gestione ambientale e la sicurezza. La sede della Zecca, situata nel cuore della città, impone standard ambientali elevatissimi: nessuna emissione non controllata, nessun refluo non trattato. Anche i processi produttivi sono stati modificati per eliminare l'uso di acidi e sostanze pericolose.
Nel campo della monetazione, le certificazioni assumono un ruolo ancora più critico. Oltre alla ISO 14001 (ambiente) e alla ISO 45001 (sicurezza), il Poligrafico adotta anche la ISO 27001 e la ISO 22301, dedicate alla sicurezza delle informazioni e alla continuità operativa. Queste norme garantiscono la tracciabilità, la riservatezza e la sicurezza fisica dei processi: requisiti essenziali per la produzione di monete.
Uno degli aspetti più delicati è l'analisi dei metalli preziosi. Il Poligrafico deve garantire che il titolo dell'oro e dell'argento sia conforme alle leggi vigenti. Per farlo, si affida a metodi standardizzati, ripetibili e tracciabili, come previsto dalle norme UNI 11426 (per l'oro) e UNI 11427 (per l'argento).

[7] Responsabile delle produzioni della Zecca dello Stato

Il metodo principale per l'oro è la coppellazione, una tecnica antica ma ancora insostituibile. Consiste in un trattamento termochimico del campione, seguito da un attacco con acido nitrico, che elimina le impurità e consente di determinare con precisione la quantità di oro presente. Il processo è eseguito da personale altamente qualificato, con strumentazioni certificate e reagenti controllati.

Affidabilità metrologica

Le certificazioni non sono solo un obbligo normativo: sono anche uno strumento di competitività. Permettono all'azienda di operare sui mercati internazionali, di produrre per enti governativi esteri come il Vaticano o San Marino, e di garantire ai cittadini italiani prodotti sicuri, affidabili e di alta qualità.
Se per l'oro il metodo di riferimento è la coppellazione, per l'argento il Poligrafico e Zecca dello Stato utilizza un'altra tecnica classica: la potenziometria con bromuro di potassio. Anche questo è un metodo consolidato, affidabile, che consente di determinare con precisione il titolo dell'argento nelle leghe utilizzate per la produzione di monete.
Come per l'oro, anche in questo caso i controlli sono rigorosi e costanti. Gli ispettori del MIMIT verificano regolarmente la conformità dei prodotti, assicurando, per esempio, che una moneta d'argento con titolo 925 sia davvero tale. Per un ente come la Zecca dello Stato, l'errore non è contemplato: non solo per motivi di mercato, ma per una questione di cultura, di fiducia e di responsabilità pubblica.
La validità metrologica dei risultati è garantita da un laboratorio interno altamente specializzato, che opera secondo metodi normati, ripetibili e tracciabili. L'obiettivo è duplice: da un lato, dimostrare la competenza tecnica dell'istituto, anche a livello europeo (la BCE effettua controlli regolari).
A volte sembra quasi di "subire la metrologia", eppure, è proprio questa meticolosità, questa "ossessione" per la precisione, che consente al Poligrafico di garantire sicurezza, qualità e affidabilità in ogni documento, ogni moneta, ogni prodotto che entra nella vita quotidiana dei cittadini.
La metrologia, con i suoi standard e le sue regole, può sembrare una sfida complessa. Ma è anche una garanzia di fiducia, un ponte tra tecnologia, istituzioni e cittadini. E in questo, il Poligrafico e Zecca dello Stato rappresenta un esempio virtuoso.

LA CONVENZIONE DEL METRO E METROLOGIA LEGALE

Intervento di Maria Valeria Pennisi[8]

La metrologia legale è una disciplina che affonda le sue radici nella storia della civiltà. In tempi antichi, erano i sacerdoti a custodire nei templi pesi e misure, strumenti sacri per regolare i rapporti tra le persone. Oggi, la metrologia legale continua a svolgere un ruolo fondamentale, evolvendosi per rispondere alle esigenze di una società sempre più complessa.

Un mestiere antico, una funzione sempre attuale

C'è una battuta tra gli addetti ai lavori: "quello dell'ispettore metrico è il secondo mestiere più antico del mondo". Una battuta, certo, ma che racchiude una verità profonda: la misura è sempre stata al centro della convivenza civile, del commercio, della giustizia.
Con l'Unità d'Italia, uno dei primi atti del nuovo Regno fu proprio l'adozione di una legge metrica nazionale, per superare il caos dei particolarismi locali. Fino ad allora, ogni stato — e talvolta ogni oggetto — aveva il proprio sistema di misura. Il Regno delle Due Sicilie, già nel 1840, aveva tentato di uniformare le misure adottando il sistema metrico decimale. Ma fu solo nel 1861 che si pose davvero fine al disordine, con la creazione di una commissione consultiva dei pesi e delle misure.
Il processo culminò nel 1875, quando l'Italia fu tra i promotori della **Convenzione del Metro**, che sancì la nascita di un sistema internazionale di misure. Negli anni successivi, furono introdotte norme per la fabbricazione e la verificazione periodica degli strumenti di misura, e si moltiplicarono gli uffici metrici territoriali, con ispettori che raggiungevano anche i territori più remoti.
Il Testo Unico del 1887 e il Regio Decreto del 1890 — ancora oggi in parte vigente — completarono il quadro normativo, gettando le basi per un sistema unitario e moderno.
Nel 1998, una nuova tappa: la competenza sugli uffici metrici fu trasferita alle Camere di Commercio, che dal 1° gennaio 2000 hanno assunto un ruolo centrale nella vigilanza sugli strumenti di misura. Oggi, la metrologia legale non si limita più a garantire le transazioni commerciali: si estende alla sanità pubblica, alla sicurezza, all'ambiente, all'ordine pubblico.
Il ruolo delle Camere di Commercio si è evoluto: da un controllo diretto e sistematico, si è passati a una funzione di vigilanza e supervisione, in un contesto sempre più orientato alla responsabilità degli operatori privati.
La metrologia legale è oggi uno strumento di tutela del consumatore, di trasparenza del mercato, di garanzia della qualità. È una disciplina che si è sviluppata insieme alla scienza, ma che conserva una funzione profondamente sociale. Stare al passo con i metodi di misurazione e controllo non è facile, ma è una sfida che vale la pena affrontare.

[8] Responsabile dell'area regolazione del mercato e incentivi presso DINTEC

Metrologia legale: prospettive future

Guardando al futuro, è inevitabile interrogarsi sulle prospettive della metrologia legale. Se da un lato l'evoluzione tecnologica corre a ritmi vertiginosi, dall'altro la metrologia legale — per sua natura più cauta e regolamentata — fatica talvolta a tenere il passo. Tuttavia, questa sfida è necessaria.

Il futuro della metrologia legale passa attraverso una maggiore condivisione tra i Paesi, non solo delle unità di misura, ma dell'intero sistema normativo e tecnico che le sostiene. L'Unione Europea sta già tracciando questa strada, introducendo nuovi elementi e aggiornando costantemente il quadro regolatorio per rispondere a un mondo in continua trasformazione.

In un contesto globale in cui la misura non è più solo uno strumento di scambio commerciale, ma un pilastro della sicurezza, della salute pubblica e della sostenibilità ambientale, la metrologia legale è chiamata a rinnovarsi, a essere più tempestiva, più integrata, più proattiva.

Dalle antiche misure custodite nei templi alla vigilanza moderna sugli strumenti digitali, la metrologia legale ha attraversato i secoli mantenendo intatta la sua funzione essenziale: garantire equità, fiducia e trasparenza. Oggi più che mai, in un mondo interconnesso e tecnologico, questa funzione è chiamata a espandersi, a innovarsi, a proteggere i cittadini in ogni ambito della vita quotidiana.

L'EVOLUZIONE DEI CONTATORI IDRICI: DALLA MECCANICA ALLA SMART INTELLIGENCE

Intervento di Pietro Cerami[9]

L'associazione Anima rappresenta circa 1.000 imprese con un fatturato complessivo di 55 miliardi di euro, di cui il 60% destinato all'export. Tra le sue molte anime, c'è anche quella dedicata ai **costruttori di sistemi di misura – ACISM –** un settore in continua evoluzione che oggi guarda con attenzione crescente a un bene sempre più prezioso: l'acqua.

Il contatore idrico

Parliamo del contatore dell'acqua per due motivi. È, per così dire, un "coscritto" del metro: entrambi hanno circa 150 anni di storia. La misura dell'acqua, inoltre, si esprime in metri cubi, un'unità derivata direttamente dal metro.
I primi contatori, nati in Francia, erano strumenti meccanici in ottone e bronzo, materiali resistenti e adatti all'ambiente umido. La loro precisione era commisurata al valore dell'acqua: non aveva senso misurare al decilitro un bene che costava pochi centesimi al metro cubo. Ma con il tempo, e con l'aumento del valore dell'acqua, è cresciuta anche l'esigenza di misurare con maggiore precisione.

Dalla meccanica all'elettronica: l'evoluzione dei contatori

Negli anni '90, la ricerca ha cominciato a trasformare anche i contatori idrici. L'introduzione di componenti in plastica ha reso i dispositivi più leggeri ed economici, mentre i primi emettitori di impulsi hanno permesso di leggere i consumi a distanza, riducendo i costi operativi.
Con l'elettronica, la misurazione è diventata più precisa e utile a più scopi: l'acqua ha acquisito valore, e con essa la necessità di misurare anche le piccole perdite, come quelle di un rubinetto che gocciola. Non si tratta solo di calcolare i consumi, ma di individuare sprechi che hanno un impatto economico e ambientale.
Oggi siamo nell'era degli **smart meter**, contatori intelligenti che non solo misurano, ma comunicano, analizzano e aiutano a gestire meglio le risorse. Sono in grado di rilevare anche portate minime — come 1 o 2 litri all'ora — e distinguere tra consumo reale e perdita occulta.
Questo non serve solo al distributore, che può così fatturare con maggiore precisione, ma anche all'utente, che può essere avvisato in caso di perdite occulte, e alla collettività, che può ridurre gli sprechi di un bene sempre più prezioso.

[9] Presidente della associazione ACISM della Federazione ANIMA - Confindustria

Interoperabilità: la chiave per un sistema efficiente

Uno dei temi centrali per i costruttori oggi è l'**interoperabilità**: la capacità dei contatori di funzionare con sistemi diversi, indipendentemente dal produttore. In Italia ci sono circa 400 distributori d'acqua e quindi, senza interoperabilità, ogni costruttore dovrebbe realizzare centinaia di modelli diversi, con costi elevati e difficoltà nella manutenzione.
L'interoperabilità fa bene a tutti:

- ai costruttori, che possono standardizzare la produzione;
- ai distributori, che possono scegliere liberamente tra diversi fornitori;
- agli utenti, che beneficiano di maggiore concorrenza e prezzi più bassi;
- alle istituzioni, che possono definire regole valide per tutti.

Per questo, Anima ha partecipato alla stesura di una nuova norma UNI sull'interoperabilità dei contatori idrici, attesa entro la fine dell'anno. Non si tratta di una norma sulla misura in sé — già regolata da standard di prodotto — ma sulle funzioni di servizio: comunicazione, gestione remota, diagnostica.
Una norma che guarda al futuro, dove la misura non è solo un dato, ma uno strumento per gestire meglio le risorse, ridurre gli sprechi e costruire un sistema più equo ed efficiente.

L'ITALIA, IL BIPM E LE ORGANIZZAZIONI INTEERNAZIONALI

Intervento di Alessandro De Angelis[10]

Tra tutte le unità di misura, il secondo è forse la più antica ancora in uso. Il concetto di secondo risale almeno al Quattrocento, quando si cominciò a misurare il tempo con una precisione mai vista prima. Ma le sue radici della misura del tempo affondano molto più indietro, nelle civiltà babilonese ed egizia, che dividevano il giorno in dodici ore di luce e dodici di buio, usando basi numeriche come 12 e 60, ideali per descrivere i cicli del Sole.

Nel cuore del Medioevo, mentre l'Europa si frammentava in città-stato e signorie, nacquero i primi orologi meccanici. Non sappiamo con certezza chi li abbia inventati — forse gli inglesi, forse gli olandesi, forse i veneziani — ma un dato è certo: il più antico orologio meccanico ancora funzionante si trova a Chioggia. Fu costruito da un certo Giovanni Dondi, che poi fu "adottato" da Padova, nobilitato e ribattezzato "Dondi dall'Orologio". La sua eredità durò secoli: ancora nel Duemila, alcune cattedre universitarie a Padova e Bologna erano occupate da suoi discendenti.

Con l'arrivo di Galileo Galilei, la misurazione del tempo fece un salto concettuale. Galileo affermava di aver costruito un orologio con un'accuratezza di pochi secondi al giorno — un'affermazione oggi ritenuta troppo ottimistica. Ma il suo lavoro pionieristico aprì la strada a innovazioni successive, come quelle di Christiaan Huygens, che introdusse correzioni fondamentali per migliorare la precisione degli orologi a pendolo.

Passeggiando per le piazze di Padova, tra uno spritz e l'altro, si può ammirare un altro capolavoro di Dondi: un orologio perpetuo, progettato per funzionare per sempre. Tuttavia, a causa della riforma del calendario gregoriano, all'incirca ogni cento anni un tecnico deve intervenire per correggere il giorno. Nel 2000 non fu necessario, ma nel 2100 si dovrà mettere mano all'orologio. Riusciremo a mantenere il know-how per farlo senza danneggiarlo?

(Mercato di Padova sotto il Salone, Vicino al volto della corda, 1200 circa

Confusione e arbitrio: prima della standardizzazione

Sempre a Padova, sulle mura del mercato, sono scolpite le antiche unità di misura: il "brasso" (braccio) e il "quareo" (quadratino o tegola). Curiosamente, queste misure non erano derivate l'una dall'altra: il quareo non era un quadrato costruito sul braccio, ma un'unità indipendente. E ogni città aveva le sue unità di misura: il cubito (braccio) egizio misurava circa 45 cm, quello romano era più lungo, quello fiorentino addirittura arrivava a 58 cm.

[10] addetto scientifico presso la rappresentanza permanente d'Italia a Parigi, professore ordinario di fisica presso l'Università di Padova.

Galileo cercò di razionalizzare queste misure, proponendo definizioni basate su fenomeni fisici, come l'altezza raggiunta da una colonna d'acqua. Ma i padovani resistevano: per loro, l'unità era quella scolpita nella pietra. E chi truffava al mercato? Veniva appeso al "volto della corda", il giro della corda, un luogo ancora oggi presente nel centro storico vicino al mercato.

Il volume, il peso, la lunghezza: tutto era definito in modo arbitrario, spesso a vantaggio dei potenti. Solo con la nascita di istituzioni come il Bureau International des Poids et Mesures si cominciò a costruire un sistema equo e universale.

Dalla Rivoluzione francese al Metro universale: il faticoso cammino verso le misure condivise

Nel caos delle unità di misura premoderne, dove ogni città aveva il suo "braccio" e ogni mercato la sua "libbra", la Rivoluzione francese portò con sé un'idea radicale: mettere ordine. Tra le richieste contenute nei *cahiers de doléances*, i quaderni delle lamentele che raccoglievano i problemi da risolvere, spiccava la volontà di liberarsi dall'arbitrio dei signori locali sulle misure.
I rivoluzionari tentarono persino di riformare il tempo, introducendo un sistema decimale per ore, minuti e secondi. Ma il tempo, si sa, è una convenzione difficile da cambiare. L'orologio, con il suo moto circolare, era ormai radicato nella cultura e nella quotidianità.

Curiosità: vi siete mai chiesti perché le lancette girano in senso orario?
(La risposta è nascosta nella storia dell'osservazione solare nell'emisfero nord.)

Nel 1791, una commissione di scienziati fu incaricata di definire nuove unità di misura di lunghezza e peso basate non più sul corpo umano, ma su fenomeni naturali. L'idea di usare la lunghezza di un pendolo che batte il secondo fu scartata: troppo dipendente da un'altra unità, il secondo. I francesi preferirono una definizione più "astronomica": la decimilionesima parte del quarto di meridiano terrestre passante per Parigi. Nasce così il **metro universale**.
Misurare quel meridiano richiese sette anni di lavoro. A guidare l'impresa, cinque giganti della scienza: Lagrange, Borda, Condorcet, Laplace e Monge. Lagrange, torinese di nascita, fu "adottato" dalla Francia, proprio come Dondi dall'Orologio lo fu da Padova. E forse non è un caso che ancora oggi molti metrologi italiani vengano da Torino: una tradizione che affonda le radici in questa epoca.
Napoleone cercò di imporre il nuovo sistema con decisione. Fece produrre 500.000 metri campione da distribuire alla popolazione, ma ne furono realizzati solo 25.000. La gente non gradiva il cambiamento: i commercianti ne approfittavano, e in alcune regioni, come il Friuli, ci furono vere e proprie rivolte. Un editto minacciava la prigione per chi non si fosse adattato.
Alla fine, anche l'Imperatore dovette cedere: nel 1812 introdusse un sistema doppio, con l'obbligo di esporre tabelle di conversione nei negozi. Un compromesso che ricorda certe transizioni più recenti.

La nascita del Bureau e il ruolo dell'Italia

Fu solo con Napoleone III che si comprese l'importanza di una soluzione multilaterale. Nel 1875, 17 paesi — tra cui la neonata Italia — firmarono la **Convenzione del Metro**, dando vita al **Bureau International des Poids et Mesures** (BIPM), con sede al Pavillon de Breteuil, vicino Parigi. Il primo direttore fu un italiano: **Gilberto Govi**, laureato a Padova e zio del celebre attore comico genovese.

(Gilberto.Govi. 1826-1889)

Un altro protagonista italiano fu **Vito Volterra**, matematico di fama mondiale, professore alla Sapienza e presidente della Società Italiana di Fisica. Volterra, noto anche per la bellissima e potentissima equazione che descrive l'equilibrio tra prede e predatori, fu anche uno dei pochi a rifiutare il giuramento al regime fascista. Nonostante ciò, mantenne il suo ruolo al BIPM per vent'anni.

L'Italia lasciò un altro segno importante con **Giovanni Giorgi**, fisico lucchese e professore alla Sapienza. Giorgi propose di estendere il sistema internazionale all'elettromagnetismo, introducendo una nuova unità: l'**ampere**, misura della corrente elettrica. La sua proposta fu adottata ufficialmente nel 1946 e ratificata nel 1948, in un periodo in cui l'Italia era appena uscita dalla guerra.

Fu in quel momento che un'altra unità, il **volt**, ricevette ufficialmente il nome in onore di Alessandro Volta, sancendo così un altro legame tra la scienza delle misure e il genio italiano.

Le Costanti universali e il futuro della metrologia

Nel 2019, il mondo della scienza ha compiuto un passo epocale: la ridefinizione del Sistema Internazionale delle unità di misura, basandolo su **sette costanti fondamentali della natura**. Un cambiamento che ha segnato la fine degli artefatti fisici — come il celebre cilindro di platino-iridio che rappresentava il chilogrammo — e l'inizio di una nuova era, in cui le unità sono ancorate a leggi universali.

Tra le unità fondamentali, il **secondo** occupa un posto particolare. Alcuni lo considerano una vera unità di base, altri lo vedono come un artefatto concettuale. La questione è più filosofica che tecnica, e divide ancora oggi la comunità scientifica. Ma ciò che conta è che il secondo resta il pilastro su cui si costruiscono molte altre misure.

La ridefinizione del **chilogrammo** ha acceso un acceso dibattito. Due le proposte principali: una basata sul cosiddetto numero di Avogadro, contando un numero preciso di atomi in una sfera di silicio ultra-puro; l'altra, quella poi adottata, fondata sulla bilancia di Kibble, uno strumento che collega la massa a costanti elettriche fondamentali.

Alla fine ha prevalso la precisione della seconda. Chissà, forse in futuro si tornerà a considerare l'alternativa atomica, concettualmente molto più elegante e legata a uno scienziato italiano, Amedeo Avogadro.

Donne e metrologia: una nuova leadership

Oggi, il Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) è guidato da una nuova generazione di scienziate e scienziati. Il presidente attuale è Martin J.T. Milton, ma per la prima volta nella storia, è stata eletta una donna per il prossimo turno della direzione generale: la dottoressa **Annette Koo**, capo metrologa del Measurement Standards Laboratory della Nuova Zelanda. Sarà la 14° direttrice del BIPM e guiderà l'istituzione del prossimo anno, in un'epoca di sfide cruciali.
Il Dipartimento del Tempo del BIPM, uno dei più strategici, è diretto da **Patrizia Tavella**, torinese, come anche **Maria Luisa Rastello**, rappresentante italiana nel consiglio di governo del BIPM.

L'UTILITÀ DELL'ACCREDITAMENTO PER GARANTIRE LA RIFERIBILITÀ DELLA MERCE

Intervento di Filippo Trifiletti [11]

Era il maggio del 2002 quando, nel Salone degli Arazzi di Palazzo Piacentini a Roma e alla presenza del Ministro delle Attività Produttive Antonio Marzano, veniva firmato un accordo storico. Attorno al tavolo, tutte le componenti del mondo produttivo italiano: industria, commercio, artigianato, cooperazione, agricoltura. L'obiettivo era chiaro: costituire un **ente unico di accreditamento**.
All'epoca, in Italia operavano già tre enti distinti — SIT, SINCERT e SINAL — ma l'unificazione si rivelò più difficile del previsto. Nonostante gli sforzi del Ministero, la fusione non avvenne celermente. Fu l'Unione Europea, nel 2008, a imporre il cambiamento con un regolamento che obbligava ad adeguarsi entro il 2009. E così nacque **Accredia**, l'ente unico di accreditamento italiano.

Le radici dell'accreditamento in ambito metrologico

Ma la storia dell'accreditamento in Italia affonda le sue radici molto prima. Nel 1975, a Torino, con gli istituti Colonnetti e Galileo Ferraris, nasce il **Sistema Italiano di Taratura (SIT)**. I primi certificati vengono emessi tra il 1978 e il 1979, segnando l'inizio di un percorso che parte dalla taratura — la base della riferibilità metrologica — per costruire un sistema solido di accreditamento.
Nel 1990, sempre a Torino, viene fondata **ILAC**, la rete mondiale degli enti di accreditamento per prove, taratura e ispezione. E nel 1991, con la legge 273, si consolida il ruolo dei **Laboratori di Taratura (LAT)** come pilastri della diffusione delle misure affidabili nel Paese.

Oggi: numeri in crescita

Oggi, l'Italia conta 223 **laboratori di taratura accreditati**, che nel 2024 hanno emesso oltre 230.000 certificati. Dal 2010, il numero di laboratori è cresciuto del 30%, e i certificati sono aumentati del 150%: un segnale chiaro della crescente domanda di misure affidabili da parte di imprese e istituzioni.
Accanto a questi, si affianca l'attività di accreditamento dei produttori di materiali di riferimento, fondamentali per garantire confronti interlaboratorio affidabili. Senza questi strumenti, l'accreditamento dei laboratori di prova — e anche di quelli sanitari — non sarebbe possibile.
Oggi, oltre ai 1.350 laboratori di prova, l'Italia conta anche una cinquantina di **laboratori medici accreditati**, in parte su base volontaria, in parte per obbligo regionale. Un segnale della crescente attenzione alla qualità anche in ambito sanitario.

[11] Direttore generale Accredia

Il futuro: infrastruttura della qualità e digitalizzazione

Un accenno alla metrologia legale: con il decreto n. 93 del 2017, il Ministero dello Sviluppo Economico ha affidato le verifiche periodiche a soggetti accreditati. Una scelta coraggiosa, che ha rafforzato la fiducia nel sistema e che oggi rappresenta un modello da consolidare.
Guardando avanti, l'obiettivo è rafforzare l'infrastruttura per la qualità, un sistema che collega accreditamento, vigilanza del mercato (con Unioncamere), metrologia (con INRIM) e organismi di valutazione della conformità. In un mondo globalizzato, dove gli accordi di mutuo riconoscimento coinvolgono oltre 80 paesi, la coerenza degli standard è essenziale.

Ma c'è anche una nuova sfida: la digitalizzazione dei certificati. Alcuni laboratori di taratura stanno già sperimentando soluzioni digitali, che potrebbero ridurre le frodi e semplificare i controlli. E si guarda anche all'intelligenza artificiale, su cui Accredia e altri enti europei stanno investendo per migliorare ulteriormente i processi.

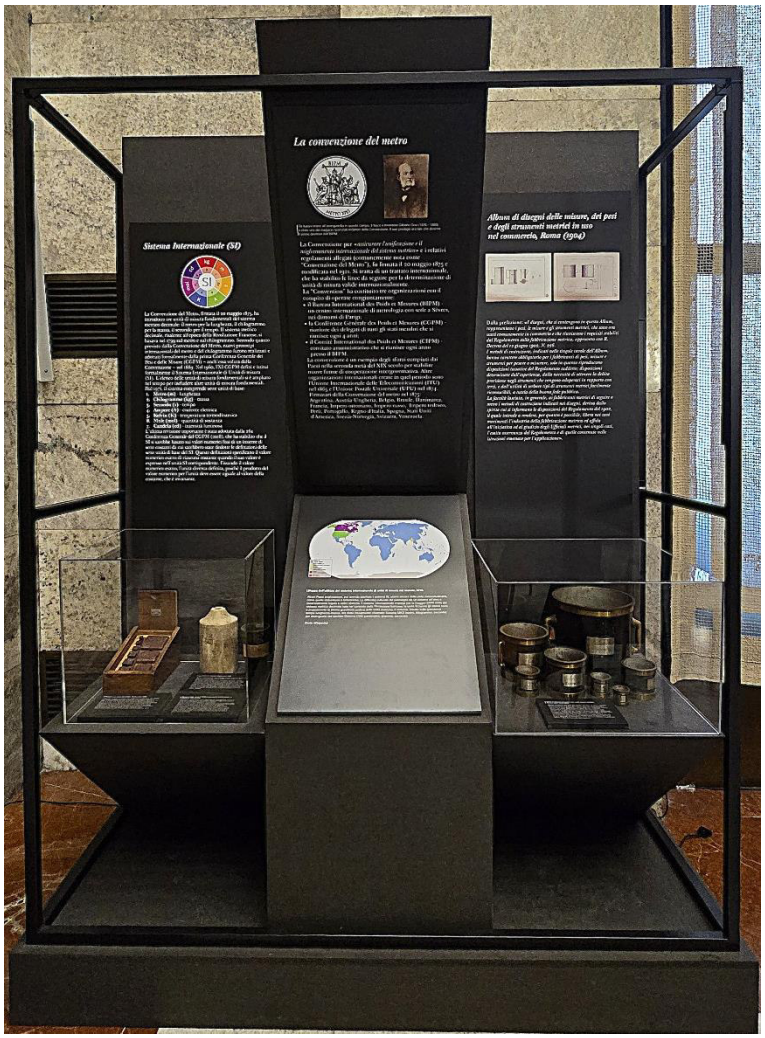
LE UNITÀ DI MISURA NEL TEMPO - Mostra di Gianni Petrillo

In occasione della ricorrenza dei 150 anni dalla sottoscrizione della importante e longeva Convenzione del Metro, la direzione generale Consumatori e Mercato ha voluto partecipare alle celebrazioni con l'organizzazione di un convegno affiancato da una mostra storico-celebrativa.

La mostra ha avuto luogo a Palazzo Piacentini, all'interno del Salone degli Arazzi ed è stata inaugurata il giorno del convegno, il 6 giugno 2025.

Compatibilmente con gli spazi a disposizione, sono stati esposti alcuni strumenti e campioni di riferimento appartenuti all'Ufficio centrale metrico e poi confluiti nel Museo della Comunicazione dell'odierno Ministero delle imprese e del Made in Italy. Un apparato documentale (fotografie e documenti) ha completato il percorso espositivo.

L'Ufficio Centrale Metrico, nato all'interno del Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, era l'organizzazione che operava nel campo della metrologia legale. I suoi compiti principali includevano l'approvazione di nuovi tipi di strumenti metrici, l'elaborazione e l'esame di normative relative agli strumenti di misura e al controllo metrologico, e la conservazione degli standard nazionali di massa e lunghezza assegnati all'Italia in seguito alla sua adesione alla Convenzione del metro.



Inoltre, l'ufficio si occupava della dichiarazione di emissibilità delle monete d'oro e d'argento coniate dalla Zecca, della pubblicazione di decisioni e disposizioni tecniche, e del coordinamento delle attività tecniche degli uffici provinciali metrici. Questi compiti erano fondamentali per garantire la precisione e l'affidabilità delle misurazioni utilizzate in vari settori, contribuendo a prevenire la concorrenza sleale e a tutelare i consumatori

La mostra, seppur concisamente, ripercorreva i primi passi compiuti nel XIX secolo nel campo della metrologia legale. Un viaggio nella storia della misurazione attraverso l'esposizione e la descrizione di strumenti di misura antichi, delle tecniche di misurazione, dei prototipi campione di riferimento, principalmente riguardo a due delle 3 grandezze definite nella Convenzione: lunghezza e massa.

Di seguito una sintesi dei concetti, dei documenti e degli oggetti esposti.

Misurare: un'invenzione antica

Misurare è il processo che consente di attribuire un valore numerico ad una grandezza osservata, facilitando l'analisi, la comprensione e la comparazione. Misurare implica l'uso di unità di misura, trattandosi di un processo di confronto tra la grandezza osservata e l'unità di misura di riferimento, come il metro per la lunghezza, il chilogrammo per la massa e il secondo per il tempo. La precisione e l'accuratezza delle misurazioni sono fondamentali per garantire la validità dei risultati e delle conclusioni derivanti dagli esperimenti e dalle osservazioni. Per questo motivo, la misurazione si configura come una disciplina scientifica a tutti gli effetti.
Misurare non è solo un atto pratico, ma rappresenta anche un principio fondamentale della scienza, che permette di trasformare osservazioni qualitative in dati quantitativi, rendendo possibile la formulazione di leggi e teorie che descrivono il funzionamento del mondo naturale.
Prima dell'avvento della scienza moderna, le unità erano necessariamente definite in termini di artefatti materiali, in particolare il metro e il chilogrammo per lunghezza e massa, o la proprietà di un oggetto particolare, ovvero la rotazione terrestre, per il secondo. Anche all'origine del sistema metrico, alla fine del XVIII secolo, si riconobbe che una definizione più auspicabile di un'unità di lunghezza, ad esempio, poteva essere basata su una proprietà universale della natura, come la durata di un pendolo che oscilla al secondo. Tale definizione sarebbe stata indipendente dal tempo e dal luogo e, in linea di principio, accessibile in tutto il mondo. All'epoca, considerazioni pratiche portarono a definizioni più semplici e oggettive per il metro e il chilogrammo, mentre il secondo rimase legato alla rotazione terrestre. Solo nel 1960 fu adottata la prima definizione non materiale, ovvero la lunghezza d'onda di una radiazione ottica specificata per il metro.

Il Sistema Internazionale delle unità di misura (SI)

La Convenzione del Metro, firmata il 20 maggio 1875, ha introdotto tre unità di misura fondamentali del sistema metrico decimale: il metro per la lunghezza, il chilogrammo per la massa, il secondo per il tempo.
Il sistema metrico decimale, risalente all'epoca della Rivoluzione Francese, si basava nel 1799 sul metro e sul chilogrammo. Secondo quanto previsto dalla Convenzione del Metro, nuovi prototipi internazionali del metro e del chilogrammo furono realizzati e adottati formalmente dalla prima Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM) – anch'essa voluta dalla Convenzione – nel 1889. Nel 1960, l'XI CGPM definì e istituì formalmente il Sistema Internazionale di Unità di misura (SI).

L'elenco delle unità di misura fondamentali si è ampliato nel tempo per includere altre unità di misura

fondamentali. Dal 1971, il sistema comprende sette unità di base:

1. **Metro (m)** - lunghezza
2. **Chilogrammo (kg)** - massa
3. **Secondo (s)** - tempo
4. **Ampere (A)** - corrente elettrica
5. **Kelvin (K)** - temperatura termodinamica
6. **Mole (mol)** - quantità di sostanza
7. **Candela (cd)** - intensità luminosa

L'ultima revisione importante è stata adottata dalla 26a Conferenza Generale del CGPM (2018), che ha stabilito che il SI si sarebbe basato sui valori numerici fissi di un insieme di sette costanti da cui sarebbero state dedotte le definizioni delle sette unità di base del SI.
Queste definizioni specificano il valore numerico esatto di ciascuna costante quando il suo valore è espresso nell'unità SI corrispondente. Fissando il valore numerico esatto, l'unità diventa definita, poiché il prodotto del valore numerico per l'unità deve essere uguale al valore della costante, che è invariante.
Ad esempio: usando Hz = s^{-1} , un metro può essere derivato dalla velocità della luce *c* e dalla frequenza del cesio $\Delta \nu_{Cs}$,

$$1\,\mathrm{m} = \left(\frac{c}{299\,792\,458}\right)\mathrm{s} = \frac{9\,192\,631\,770}{299\,792\,458}\frac{c}{\Delta\nu_{Cs}} \approx 30.663\,319\frac{c}{\Delta\nu_{Cs}}.$$

La convenzione del metro

La Convenzione per "assicurare l'unificazione e il miglioramento internazionale del sistema metrico" e i relativi regolamenti allegati (comunemente nota come "Convenzione del Metro"), fu firmata il 20 maggio 1875 e modificata nel 1921. Si tratta di un trattato internazionale, che ha stabilito le linee da seguire per la determinazione di unità di misura valide internazionalmente. Gli italiani erano all'avanguardia in questo campo, tanto che, ad esempio, il fisico e inventore di apparecchi scientifici **Gilberto Govi** (1826 – 1889) ha svolto un ruolo cruciale nella redazione.
La "Convention" ha costituito tre organizzazioni con il compito di operare congiuntamente:

- il Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) - un centro internazionale di metrologia con sede a Sèvres, nei dintorni di Parigi;

- la Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) - riunione dei delegati di tutti gli stati membri che si riunisce ogni 4 anni;

- il Comité International des Poids et Mesures (CIPM) - comitato amministrativo che si riunisce ogni anno presso il BIPM.

La convenzione è un esempio degli sforzi compiuti dai paesi nella seconda metà del XIX secolo per stabilire nuove forme di cooperazione intergovernativa. Altre organizzazioni internazionali create in quel periodo sono l'Unione Internazionale delle Telecomunicazioni (ITU) nel 1865 e l'Unione Postale Universale (UPU) nel 1874.

Firmatari della Convenzione del metro nel 1875: Argentina, Austria-Ungheria, Belgio, Brasile, Danimarca, Francia, Impero ottomano, Impero russo, Impero tedesco, Perù, Portogallo, **Regno d'Italia,** Spagna, Stati Uniti d'America, Svezia-Norvegia, Svizzera, Venezuela.

Le tavole di ragguaglio

TAVOLE DI RAGGUAGLIO

DEI

PESI E DELLE MISURE

GIÀ IN USO

NELLE VARIE PROVINCIE DEL REGNO

COL

SISTEMA METRICO DECIMALE

Approvate con Decreto Reale 20 maggio 1877, n. 3836

Edizione Ufficiale

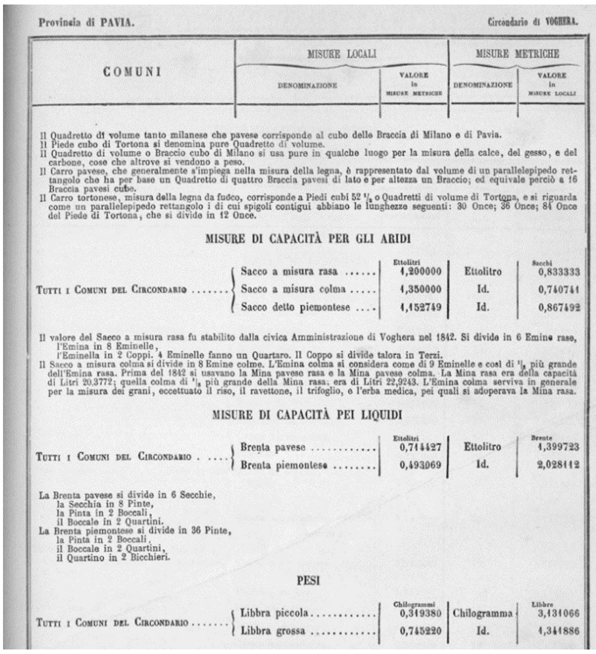
ROMA
STAMPERIA REALE
1877

Il decreto del 1877, approvato il 20 maggio e pubblicato dal Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, introdusse le *Tavole di ragguaglio*. Queste tavole erano tabelle destinate a convertire i pesi e le misure tradizionali delle varie province del Regno d'Italia nel sistema metrico decimale. Includevano conversioni per misure di capacità, superficie, volume e pesi farmaceutici, uniformando così le misure in tutto il Regno e facilitando il commercio e le attività economiche.

La presenza, presso l'Ufficio centrale metrico, di diversi esemplari di misure locali, confortano la tesi che si tratti di misure campione originariamente depositate presso capoluoghi di provincia o di distretto e successivamente richieste a Roma, forse in occasione della compilazione delle tavole di ragguaglio del 1877.

Quello della compilazione delle tavole fu un lavoro certosino. Per comprendere il notevole sforzo intrapreso dagli Ispettori di pesi e misure agli albori dell'attuale metrologia legale, basta dare uno sguardo alla gran quantità delle denominazioni delle unità di misura e dei campioni di pesi e misure catalogati in ragguaglio.

Inoltre, si pensi all'uso, ormai radicato in ciascuno Stato, Regione o Provincia, di quelle unità e di quei campioni che via via dovevano essere sostituiti, secondo le novità che venivano adottate con provvedimenti "solenni" che le Autorità locali rendevano noti a chiunque ne dovesse fare uso di commercio, con campioni esposti nelle pubbliche piazze o negli uffici di ogni capoluogo «... ond'è che non v'ebbe Nazione, che non vantasse particolarmente le sue».


Provincia di PAVIA. Circondario di VOGHERA.

COMUNI	MISURE LOCALI		MISURE METRICHE	
	DENOMINAZIONE	VALORE in MISURE METRICHE	DENOMINAZIONE	VALORE in MISURE LOCALI

Il Quadretto di volume tanto milanese che pavese corrisponde al cubo delle Braccia di Milano e di Pavia.
Il Piede cubo di Tortona si denomina pure Quadretto di volume.
Il Quadretto di volume o Braccio cubo di Milano si usa pure in qualche luogo per la misura della calce, del gesso, e del carbone, cose che altrove si vendono a peso.
Il Carro pavese, che generalmente s'impiega nella misura della legna, è rappresentato dal volume di un parallelepipedo rettangolo che ha per base un Quadretto di quattro Braccia pavesi di lato e per altezza un Braccio; ed equivale perciò a 16 Braccia pavesi cube.
Il Carro tortonese, misura della legna da fuoco, corrisponde a Piedi cubi 52 1/2 o Quadretti di volume di Tortona, e si riguarda come un parallelepipedo rettangolo i di cui spigoli contigui abbiano le lunghezze seguenti: 30 Once; 36 Once; 84 Once del Piede di Tortona, che si divide in 12 Once.

MISURE DI CAPACITÀ PER GLI ARIDI

		Ettolitri		Sacchi
Tutti i Comuni del Circondario	Sacco a misura rasa	1,200000	Ettolitro	0,833333
	Sacco a misura colma	1,350000	Id.	0,740741
	Sacco detto piemontese	1,152749	Id.	0,867492

Il valore del Sacco a misura rasa fu stabilito dalla civica Amministrazione di Voghera nel 1842. Si divide in 6 Emine rase, l'Emina in 8 Eminelle, l'Eminella in 2 Coppi. 4 Eminelle fanno un Quartaro. Il Coppo si divide talora in Terzi.
Il Sacco a misura colma si divide in 8 Emine colme. L'Emina colma si considera come di 9 Eminelle e così di 1/8 più grande dell'Emina rasa. Prima del 1842 si usavano la Mina pavese rasa e la Mina pavese colma. La Mina rasa era della capacità di Litri 20,3772; quella colma di 1/8 più grande della Mina rasa, era di Litri 22,9243. L'Emina colma serviva in generale per la misura dei grani, eccettuato il riso, il ravettone, il trifoglio, e l'erba medica, pei quali si adoperava la Mina rasa.

MISURE DI CAPACITÀ PEI LIQUIDI

		Ettolitri		Brente
Tutti i Comuni del Circondario	Brenta pavese	0,714427	Ettolitro	1,399723
	Brenta piemontese	0,493069	Id.	2,028112

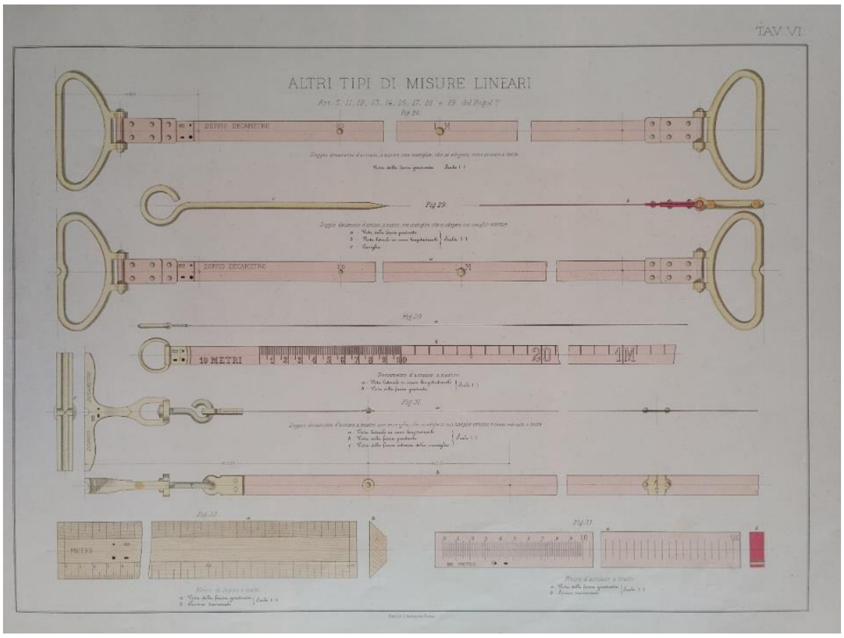
La Brenta pavese si divide in 6 Secchie,
la Secchia in 8 Pinte,
la Pinta in 2 Boccali,
il Boccale in 2 Quartini.
La Brenta piemontese si divide in 36 Pinte,
la Pinta in 2 Boccali,
il Boccale in 2 Quartini,
il Quartino in 2 Bicchieri.

PESI

		Chilogrammi		Libbre
Tutti i Comuni del Circondario	Libbra piccola............	0,319380	Chilogramma	3,131066
	Libbra grossa	0,745220	Id.	1,341886

All'inizio del 1862 il Servizio Metrico consisteva essenzialmente nel verificare la conformità dei pesi e delle misure in uso ai requisiti dei campioni e delle unità di misura adottati dal novello Sistema Metrico Decimale. Tali campioni erano custoditi dalla Commissione consultiva, presso le Amministrazioni centrali allora preposte.

Album di disegni delle misure, dei pesi e degli strumenti metrici in uso nel commercio, Roma (1904)



Nel periodo successivo alla successivo alla soscrizione della Convenzione del Metro, in Italia si spingeva anche la cultura della fabbricazione degli strumenti metrici. Nel 1904 venne distribuito un album con 38 tavole. Dalla prefazione: <<*I disegni, che si contengono in questo Album, rappresentano i pesi, le misure e gli strumenti metrici, che sono ora usati comunemente in commercio e che riuniscono i requisiti stabiliti dal Regolamento sulla fabbricazione metrica, approvato con R. Decreto del 12 giugno 1902, N. 226.*
I metodi di costruzione, indicati nelle singole tavole dell'Album, hanno carattere obbligatorio per i fabbricanti di pesi, misure e strumenti per pesare o misurare, solo in quanto riproducono disposizioni tassative del Regolamento suddetto; disposizioni determinate dall'esperienza, dalla necessità di ottenere la debita precisione negli

strumenti che vengono adoperati in rapporto con terzi, e dall'utilità di serbare tipi di strumenti metrici facilmente riconoscibili, a tutela della buona fede pubblica.
La facoltà lasciata, in generale, ai fabbricanti metrici di seguire o meno i metodi di costruzione indicati nei disegni, deriva dallo spirito cui si informano le disposizioni del Regolamento del 1902, il quale intende a rendere, per quanto è possibile, libera nei suoi movimenti l'industria della fabbricazione metrica ed affida all'iniziativa ed al giudizio degli Ufficiali metrici, nei singoli casi, l'esatta osservanza del Regolamento e di quelle contenute nelle istruzioni emanate per l'applicazione. >>

Oggetti in mostra

Misura della sesta e dodicesima parte dell'*Eminella di Voghera,* XIX secolo.

Misura di capacità per aridi utilizzata per quantificare volumi di materiali solidi (per questo motivo chiamati aridi) come cereali, farina, e altri prodotti granulari o polverosi. Queste misure erano diffuse in agricoltura e nel commercio delle materie prime, dove era in uso determinare la quantità di prodotti venduti o scambiati attraverso una misura di capacità. La caratteristica costruttiva distintiva del manufatto risiede nell'integrazione di due sottomultipli dell'unità di misura in un unico oggetto. Dalle tavole ragguaglio del 1877, apprendiamo che l'*Eminella di Voghera* corrispondeva a 2,5 litri e quindi la sesta e la dodicesima parte corrispondono rispettivamente a 0,417 litri e 0,208 litri.

Quartuccio in marmo, Sicilia post 1809.

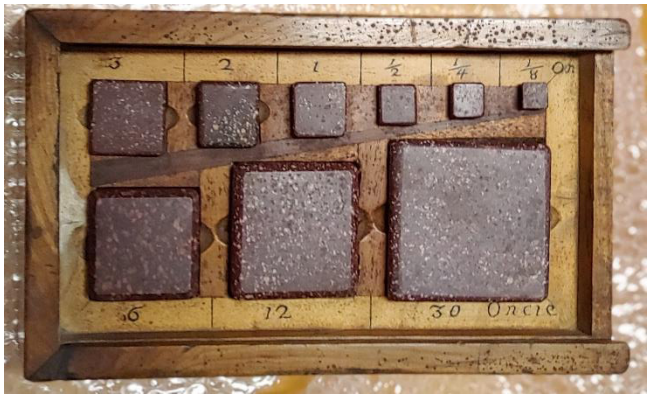
Misura campione per vino di capacità 860 ml realizzata da un cilindro internamente cavo al quale è stato unito un collo rastremato verso l'alto. Nel Regno delle Due Sicilie fin dall'editto del 1480, i liquidi dovevano essere venduti a peso, e non a capacità, per porre rimedio al fatto che la variazione di volume determinata dalla temperatura e dalla viscosità potessero alterare la quantità venduta, criticità che si presentava ad esempio per l'olio che tende a rimanere aderente alla superficie interna del recipiente di misura. Diversamente, per vino e aceto data la consuetudine di venderli in piccole dosi al minuto, vennero

tollerate misure di capacità a volume, ancora in uso al momento dell'annessione al Regno d'Italia.

Serie di misure campione per aridi, Henrie Decker, Torino 1861-1870 circa.

Misure campione per aridi dal doppio decalitro al mezzo decilitro di forma cilindrica, realizzate in ferro stagnato internamente e verniciato di nero all'esterno. I bordi inferiore e superiore sono in ottone; sul corpo della misura è applicata una targhetta rettangolare in ferro che reca incisa la denominazione delle misure. Le quattro misure maggiori *Doppio Decalitro CAMPIONE, Decalitro CAMPIONE, Mezzo Decalitro CAMPIONE e Doppio Litro CAMPIONE* hanno due maniglie in ferro per facilitare lo svuotamento. Ogni misura, ad eccezione della più piccola, era provvista al suo interno di un distanziatore in legno a forma di croce utilizzato al momento in cui le misure venivano inserite una dentro l'altra al momento del trasporto.

Pesiera con serie del rotolo, Sicilia post 1809.



Cassetta in legno di abete con coperchio a baionetta. Gli alloggi per i pesi, originariamente rivestiti di carta bianca, recano a fianco, scritto ad inchiostro, la massa di ogni peso: *30 Oncie, 12, 6, 3, 2, 1, 1/2, 1/4, 1/8 On*. I pesi, di forma tronco piramidale a base quadrata sono realizzati in porfido. La tipologia del materiale costruttivo nonché la presenza di sottomultipli molto piccoli suggerisce che il presente esemplare sia la serie di un rotolo campione custodito in un capoluogo di provincia o di distretto e giunto all'Ufficio Centrale Metrico nel momento della compilazione delle tavole di ragguaglio ufficiali edite nel 1877.

Bilancia a bracci uguali da laboratorio a lira, Italia XIX secolo.

La bilancia è sostenuta da una lira in metallo dorato che termina in due bracci orizzontali per l'appoggio del giogo in acciaio traforato che si solleva durante le operazioni di pesatura. Da non confondersi con una bilancia ornamentale per il pregio delle finiture, è in realtà una bilancia da laboratorio: accorgimenti quali il giogo traforato, le viti per la correzione del baricentro, i piedi a vite calante, che permettono di stabilire l'orizzontalità dello strumento, l'esistenza della vetrina per il riparo dalle correnti d'aria, suggeriscono venisse utilizzata per operazioni di pesatura di grande precisione.

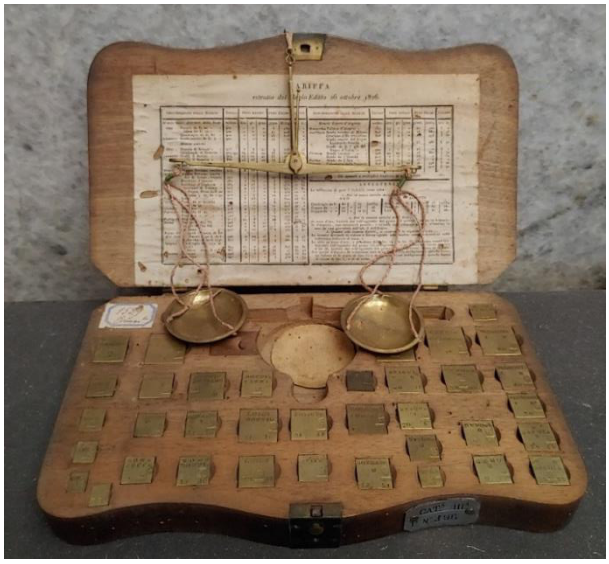
Pesiere.

La pesiera è un insieme di pesi campione utilizzati per misurare la massa di un oggetto su una bilancia a bracci uguali e, più in generale, per controllare le bilance. Questi pesi sono generalmente organizzati nella custodia di legno in un ordine specifico secondo la sequenza 1,2,2,5 progettata per permettere la combinazione di pesi in modo da ottenere qualsiasi valore di massa desiderato dal peso minore fino alla somma totale dei pesi disponibili.
Sono realizzati in materiali, quali l'ottone, che garantiscono stabilità nel tempo.
Per assicurare precisione e longevità dei pesi della pesiera sono raccomandate buone pratiche: si evita il tocco a mani nude con ricovero in ambienti a bassa umidità.

Cassetta con serie di pesi monetali per le monete d'oro e d'argento, prima metà del XIX secolo.

In passato, il peso delle monete in metallo prezioso veniva accertato attraverso l'uso di bilance a bracci uguali e pesi monetali: venivano utilizzati questi piccoli prismi in ottone che replicavano il peso standard delle monete d'oro e d'argento circolanti. Oltre al peso, si verificava anche l'aspetto della moneta per assicurare che non fosse stata limata o alterata. Le monete logore o tosate venivano spesso rifiutate.
Fra le monete in uso, si può ricordare, ad esempio, il Carlino emesso per la Sardegna da Carlo Emanuele III: moneta d'oro all'891/1000 da 16,053g del diametro di 30 mm.

Cassetta con bilancino e pesi monetali, prima metà del XIX secolo.



La cassetta proveniente dal Regno di Sardegna contiene una serie di 36 pesi monetali rettangolari per le monete d'oro abolite degli Stati preunitari ed esteri. Una bilancina a sospensione con giogo, ganci, piatti di ottone con cordoncino di seta completava l'equipaggiamento portatile. Nella parte interna del coperchio si può osservare una scheda di relazione estratta dal Regio Editto del 26 ottobre 1826, emanato da Carlo Felice, Re di Sardegna. I pesi monetali suscitavano gli appetiti e le azioni del brigantaggio incolto che li confondeva per oggetti preziosi mettendo così a repentaglio la vita dell'Ispettore di pesi e misure.

Cassetta per il saggio alla *tocca*.

Con il termine *tocca* si indicava una lega d'oro nota, usata come termine di confronto per il saggio dell'oro sulla pietra di paragone, cioè la lidite (una varietà di quarzo di colore nero), che ha una superficie a grana fine su cui le leghe di metalli preziosi da saggiare lasciano una traccia visibile. È possibile eseguire un test sul segno lasciato, che reagirà in modi diversi a specifiche concentrazioni di acido nitrico. La colorazione assunta dal reagente viene poi confrontata con quella assunta dal reagente sulla traccia della lega nota. I *tocchini*, ovvero le lamelle di lega nota, completavano la dotazione strumentale e venivano posizionati nei quattro alloggiamenti al centro della cassetta.

Metro campione degli Archivi del Regno, Henry Gambey, Parigi 1847.
Metro a teste fornito dal costruttore Henry Gambey in una custodia di conservazione completamente metallica di forma tubolare orizzontale, con piedi di sostegno esterni e piano interno con vite a slittamento per appoggiarvi il prototipo degli archivi. Henry Gambey (Troyes nel 1787 - Parigi nel 1847) iniziò la carriera come orologiaio e fabbricante di strumenti di precisione. Avendo lavorato per Arago, direttore dell'Osservatorio astronomico parigino, e divenutone amico, ottenne commesse non solo dall'Osservatorio ma anche da importanti inventori dell'epoca, dal Politecnico e dal "Bureau des longitudes". Gambey costruì il chilogrammo e il metro in platino (prototipi italiani fino al 1889).

Metro campione a teste in acciaio, Henrie Decker, Torino seconda metà del sec. XIX.
Henrie Decker è stato un rinomato costruttore di bilance, pesi e misure, oltre che macchinista idraulico. È noto per aver preso parte all'esposizione di Parigi del 1861 e a quelle internazionali di Firenze del 1861 e Torino del 1884. I metri oltre che a teste (à bouts), come in questo caso, in cui la misura è data dall'intera lunghezza dell'asta, possono essere costruiti anche a tratti (à traits) in cui la misura viene data da due segni paralleli posti alla distanza esatta di un metro l'uno dall'altro su una verga leggermente più lunga.

Metro in nichel con sezione ad H, Societé Genevoise pour la construction d'instruments de physique et de mechanique (S.I.P.), Ginevra ante 1905.
Metro a tratti in nichel puro con sezione ad H diviso in centimetri numerati e ogni centimetro in millimetri. A destra è incisa la firma della ditta costruttrice S.I.P. GENEVE. Da una tavola manoscritta risulta che fra dicembre 1905 e aprile 1906 si sottopose il metro ad una serie di osservazioni (5636 per l'esattezza) per trovare le equazioni dei decimetri e dei centimetri, dei millimetri del primo e ultimo centimetro e dei decimi di millimetro del primo e ultimo millimetro. Le equazioni a 0°C e il coefficiente di dilatazione sono state fatte col metro di platino prototipo numero 9 tramite un comparatore a movimento trasversale a bagno d'acqua. La sezione ad H del metro dona alle verghe di metallo una minore flessibilità e offre la possibilità di utilizzare meno materiale (assai costoso) per la sua costruzione.

Chilogrammo campione degli Archivi del Regno, Parigi 1847.
Il chilogrammo in platino è conservato in supporto metallico con doppia campana di vetro su piano orizzontale, munito di disco di cristallo con viti di centraggio (orginariamente con teste di ebanite).
Henry Gambey costruì il chilogrammo e il metro in platino (prototipi italiani fino al 1889) noti come campioni degli Archivi del Regno, che furono consegnati nel luglio 1847, insieme ad un comparatore in grado di misurare 1/500 di mm, una bilancia sensibile a 1/25 di mg e a una serie di pesi e di misure di capacità.

Chilogrammo campione in ottone, Jean Nicolas Fortin, Parigi.
Cilindro in ottone dorato con diametro di 53 mm., inciso con la dicitura *Kilogramme modele* e impresso *Modele Fortin.* Questo esemplare rappresenta una delle riproduzioni storiche del chilogrammo campione. A differenza del prototipo internazionale in platino-iridio, questo modello presenta un diametro maggiore data la minore densità dell'ottone. Il volume aumentato consente di mantenere la stessa massa di un chilogrammo. La scelta dell'ottone, così come del platino per i prototipi ufficiali, risponde a criteri di stabilità chimica e resistenza alla corrosione, fondamentali

per garantire la conservazione della massa nel tempo e ridurre l'influenza dell'ambiente sull'oggetto campione.

Chilogrammo campione in platino, Jean Nicolas Fortin, Parigi 1811.

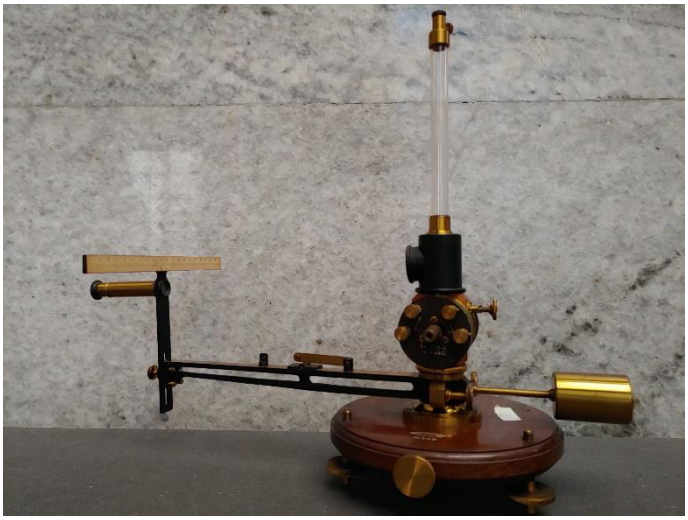
Chilogrammo campione in platino avente forma di un cilindro retto la cui base è uguale all'altezza (39 mm). Il campione è conservato all'interno di una custodia di forma ottagonale rivestita esternamente di pelle nera e internamente di velluto blu/verde; una serratura con la chiavetta in ferro permette di chiudere la custodia. Sul coperchio è applicata una targhetta circolare in argento con inciso *KILOGRAMME en Platine Conforme al Etalon de France, 1811 Fortin F.*

A Parigi, negli Archivi di Francia, è conservato l'Etalon (campione) del chilogrammo al quale fa riferimento la targa sul nostro campione: si tratta di un peso in platino identico a quello dell'Ufficio Centrale Metrico, conservato all'interno di una custodia analoga, realizzato nel 1799 da Fortin e conosciuto come chilogrammo prototipo degli Archivi. I prototipi degli archivi (chilogrammo di Fortin e metro di Lenoir) rimasero i campioni francesi in vigore fino alla realizzazione dei nuovi prototipi metrici in platino iridio del 1889. Il chilogrammo campione di Fortin custodito all'Ufficio Centrale Metrico alla fine dell'Ottocento era il prototipo di terzo ordine del Regno d'Italia.

Litro campione di ottone con disco in vetro, Jean Adrien Deleuil, Parigi XIX sec.

Misura campione per liquidi in ottone contenuta in una cassa di legno unitamente al disco in vetro opaco di diametro di poco superiore a quello del contenitore. Riempiendo il cilindro fino all'orlo e premendo la superficie libera del liquido con il disco di vetro, si eliminavano gli eccessi di liquido dovuti alla tensione superficiale, ottenendo l'esatta capacità del litro. Era in dotazione agli ispettori metrici e utilizzata nelle loro attività di verifica.

Galvanometro portatile a smorzamento rapido con telescopio, Hartmann & Braun, n. 139, Francoforte fine secolo XIX.



Il nome dello strumento deriva da Luigi Galvani medico e fisico italiano (1737-1798). Due bobine a telaio di legno munite di serrafili in ottone sono fissate su un'asta orizzontale lungo la quale possono essere leggermente spostate, agendo così sulla sensibilità e sul fondo scala dello strumento. Tra le bobine è posto un ago, sospeso tramite un filo di seta alla sommità di un tubo di vetro. L'ago è solidale a un magnete detto "a campana" di Siemens, consistente in un tubo di acciaio piegato ad U e sospeso con i poli verso il basso, ed è contenuto in un cilindro di rame che contribuisce a smorzare le oscillazioni dell'ago stesso. Al di sopra, uno specchio solidale con l'ago serve per la lettura per riflessione delle misure. La corrente che passa attraverso le bobine genera una rotazione del magnete, che viene valutata misurando la deviazione di un raggio luminoso da parte dello specchietto. La lettura avviene attraverso il piccolo telescopio fissato a lato dello strumento, all'estremità di un braccio orizzontale mobile e ripiegabile a cerniera.

Psicrometro ad aspirazione mod. 761, Wilh Lambrecht, 1958.

Lo psicrometro è uno strumento utilizzato per misurare l'umidità relativa dell'aria. È dotato di due termometri, uno a bulbo secco e uno a bulbo umido, quest'ultimo avvolto in una garza bagnata con acqua distillata. Un ventilatore a molla, azionato manualmente, crea un flusso d'aria costante sui bulbi dei termometri, assicurando che la misurazione non sia influenzata dal movimento dell'aria circostante. Il termometro a bulbo secco misura la temperatura dell'aria, mentre il termometro a bulbo umido misura la temperatura dell'aria umida. La differenza tra queste due temperature viene utilizzata per calcolare l'umidità relativa dell'aria. Utilizzando una tabella psicrometrica, infatti, si può determinare l'umidità relativa dell'aria basandosi sulla differenza di temperatura tra i due termometri. Questo strumento è particolarmente utile in meteorologia e in applicazioni industriali per il controllo dell'umidità.

Termometro Tonnelot n. 4328, 1884.

Fu costruito nel luglio 1884 dal signor Tonnelot, un produttore di strumenti meteorologici di precisione, a Parigi, e destinato al Governo del Regno d'Italia nel 1889. Secondo il certificato rilasciato dal BIPM, "il termometro è realizzato in vetro duro; il serbatoio è saldato e ha all'incirca lo stesso diametro esterno dell'asta. La divisione della scala è equidistante, in decimi di grado, da -3,7° a 51,5° e da 94,5° a 103,4°; la parte intermedia della scala è sostituita da un bulbo. Le dimensioni caratteristiche sono, in millimetri: distanza dal centro del serbatoio allo zero della scala: 60,0; distanza dal centro del serbatoio al punto 100: 456,8; lunghezza di un grado della scala: 6,816; lunghezza totale del termometro: 524,5; diametro esterno dello stelo e del serbatoio: 5,0".

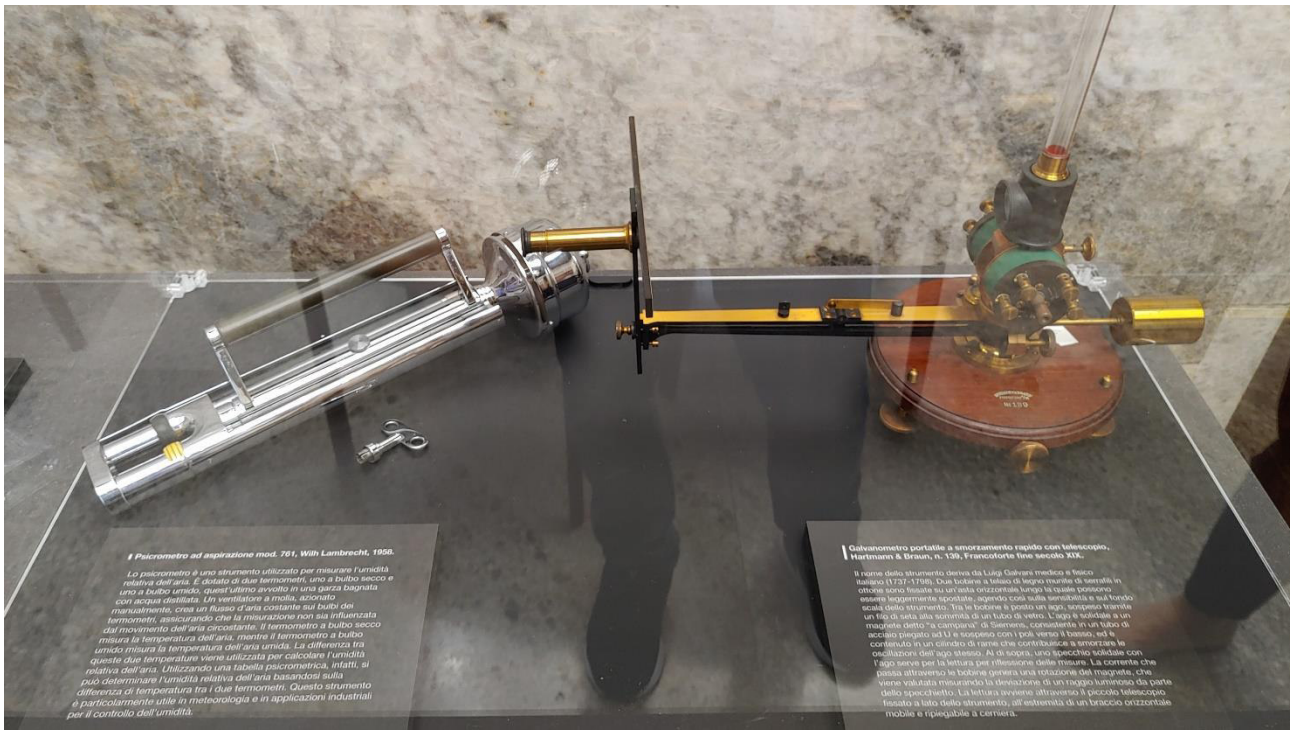
Apparecchio per calibrare i termometri.

Veniva usato per presso la sede storica di via Bosio in Roma dell'Ufficio centrale metrico e del saggio abbinato a una postazione per determinare i coefficienti di pressione. La determinazione precisa di una temperatura mediante un termometro a mercurio include due osservazioni: 1) una lettura del termometro esposta almeno fino all'estremità della colonna alla temperatura da misurare; 2) una determinazione dello zero effettuata immediatamente dopo questa lettura. Le osservazioni vengono effettuate tramite piccoli telescopi con ingrandimento da 10 a 15 volte, e dotati di un filo che segna il centro del campo visivo, la lunetta deve essere impostato, per quanto possibile, perpendicolare all'asse del termometro.

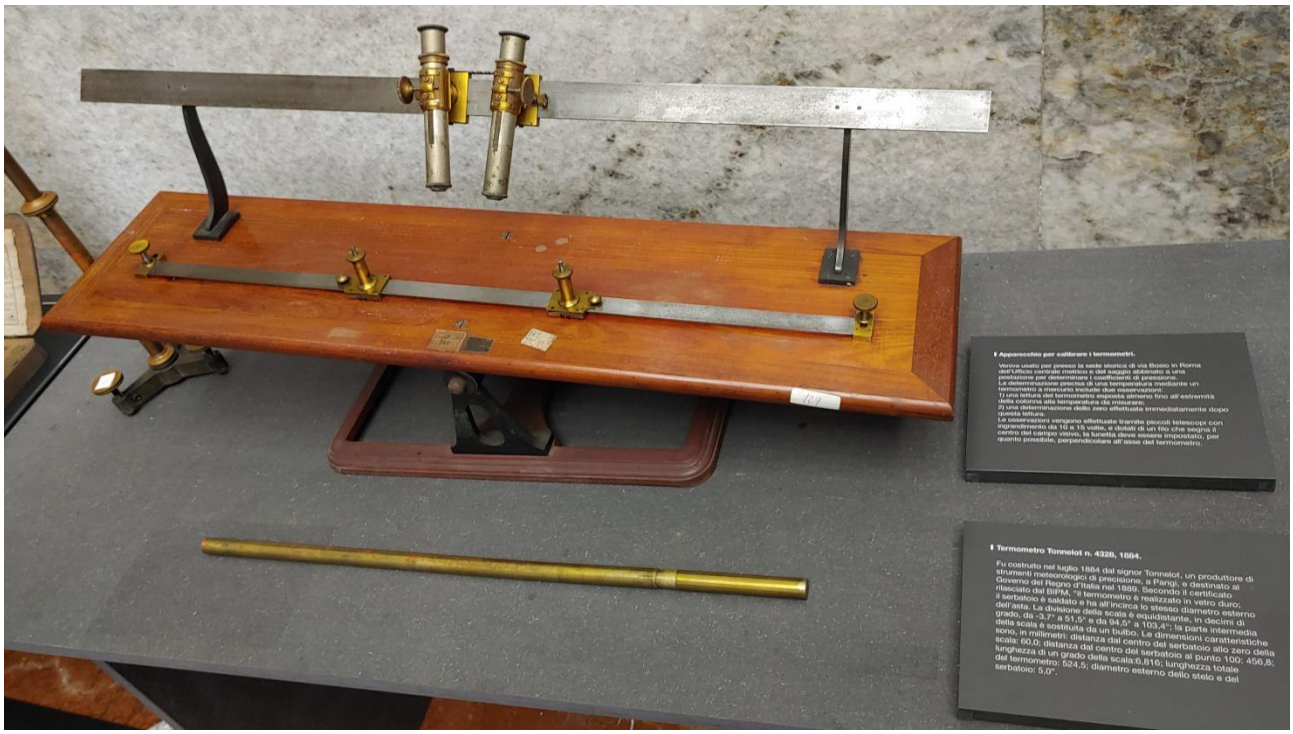
Galleria fotografica

150 ANNI DELLA CONVENZIONE DEL METRO:
LA METROLOGIA TRA PASSATO E FUTURO
6 GIUGNO 2025 - ORE 10:00
Palazzo Piacentini | Salone degli Arazzi
Via Molise 2 Roma
Mostra a margine del convegno
"LE UNITÀ DI MISURA NEL TEMPO"
Salone degli Arazzi

4
Metro in nichel con sezione ad H, Societé Genevoise pour la construction d'instruments de physique et de mechanique (S.I.P.), Ginevra ante 1905.
Metro a tratti in nichel puro con sezione ad H diviso in centimetri numerati e ogni centimetro in millimetri. A destra è incisa la firma della ditta costruttrice S.I.P. GENEVE. Da una tavola manoscritta risulta che fra dicembre 1905 e aprile 1906 si sottopose il metro ad una serie di osservazioni (5636 per l'esattezza) per trovare le equazioni dei decimetri e dei centimetri, dei millimetri del primo e ultimo centimetro e dei decimi di millimetro del primo e ultimo millimetro. Le equazioni a 0°C e il coefficiente di dilatazione sono state fatte col metro di platino prototipo numero 9 tramite un comparatore a movimento trasversale a bagno d'acqua.
La sezione ad H del metro dona alle verghe di metallo una minore flessibilità e offre la possibilità di utilizzare meno materiale (assai costoso) per la sua costruzione.


Psicrometro ad aspirazione mod. 761, Wilh Lambrecht, 1958.
Lo psicrometro è uno strumento utilizzato per misurare l'umidità relativa dell'aria. È dotato di due termometri, uno a bulbo secco e uno a bulbo umido, quest'ultimo avvolto in una garza bagnata con acqua distillata. Un ventilatore a molla, azionato manualmente, crea un flusso d'aria costante sui bulbi dei termometri, assicurando che la misurazione non sia influenzata dal movimento dell'aria circostante. Il termometro a bulbo secco misura la temperatura dell'aria, mentre il termometro a bulbo umido misura la temperatura dell'aria umida. La differenza tra queste due temperature viene utilizzata per calcolare l'umidità relativa dell'aria. Utilizzando una tabella psicrometrica, infatti, si può determinare l'umidità relativa dell'aria basandosi sulla differenza di temperatura fra i due termometri. Questo strumento è particolarmente utile in meteorologia e in applicazioni industriali per il controllo dell'umidità.
Galvanometro portatile a smorzamento rapido con telescopio, Hartmann & Braun, n. 139, Francoforte fine secolo XIX.
Il nome dello strumento deriva da Luigi Galvani medico e fisico italiano (1737-1798). Due bobine a telaio di legno munite di terrafili in ottone sono fissate su un'asta orizzontale lungo la quale possono essere leggermente spostate, agendo così sulla sensibilità e sul fondo scala dello strumento. Tra le bobine è posto un ago, sospeso tramite un filo di seta alla sommità di un tubo di vetro. L'ago è solidale a un magnete detto "a campana" di Siemens, consistente in un tubo di acciaio piegato ad U e sospeso con l'ansa verso il basso, ed è contenuto in un cilindro di rame che contribuisce a smorzare le oscillazioni dell'ago stesso. Al di sopra, uno specchio solidale con l'ago serve per la lettura per riflessione delle misure. La corrente che passa attraverso le bobine genera una rotazione del magnete, che viene valutata misurando la deviazione di un raggio luminoso da parte dello specchietto. La lettura avviene attraverso il piccolo telescopio, fissato a lato dello strumento, all'estremità di un braccio orizzontale mobile e ripiegabile a cerniera.

Cassetta con serie di pesi monetali per le monete d'oro e d'argento, prima metà del XIX secolo.
In passato, il peso delle monete in metallo prezioso veniva accertato attraverso l'uso di bilance a bracci uguali e pesi monetali: venivano utilizzati questi piccoli prismi in ottone che replicavano il peso standard delle monete d'oro e d'argento circolanti.
Oltre al peso, si verificava anche l'aspetto della moneta per assicurare che non fosse stata limata o alterata. Le monete logore o tosate venivano spesso rifiutate.
Fra le monete in uso, si può ricordare, ad esempio, il Carlino emesso per la Sardegna da Carlo Emanuele III: moneta d'oro all'891/1000 da 16,053g del diametro di 30 mm.
Cassetta per il saggio alla "tocca".
Con il termine "tocca" si indicava una lega d'oro nota, usata come termine di confronto per il saggio dell'oro sulla pietra di paragone, cioè la lidite (una varietà di quarzo di colore nero), che ha una superficie a grana fine su cui le leghe di metalli preziosi da saggiare lasciano una traccia visibile. È possibile eseguire un test sul segno lasciato, che reagirà in modi diversi a specifiche concentrazioni di acido nitrico. La colorazione assunta dal reagente viene poi confrontata con quella assunta dal reagente sulla traccia della lega nota.
I tocchini, ovvero le lamelle di lega nota, completavano la dotazione strumentale e venivano posizionati nei quattro alloggiamenti al centro della cassetta.
Cassetta con bilancino e pesi monetali, prima metà del XIX secolo.
La cassetta proveniente dal Regno di Sardegna contiene una serie di 36 pesi monetali rettangolari per le monete d'oro ablite degli Stati preunitari ed esteri.
Una bilancina a sospensione con giogo, ganci, piatti di ottone con cordoncino di seta completava l'equipaggiamento portatile.
Nella parte interna del coperchio si può osservare una scheda di relazione estratta dal Regio Editto del 26 ottobre 1826, emanato da Carlo Felice, Re di Sardegna.
I pesi monetali suscitavano gli appetiti e le azioni del brigantaggio incolto che li confondeva per oggetti preziosi mettendo così a repentaglio la vita dell'ispettore di pesi e misure.


Apparecchio per calibrare i termometri.
Termometro Tonnelot n. 4328, 1884.
Fu costruito nel luglio 1884 dal signor Tonnelot, un produttore di strumenti meteorologici di precisione, a Parigi, e destinato al Governo del Regno d'Italia nel 1889. Secondo il certificato rilasciato dal BIPM, "il termometro è realizzato in vetro duro; il serbatoio è saldato e ha all'incirca lo stesso diametro esterno dell'asta. La divisione della scala è equidistante, in decimi di grado, da -3,7° a 51,5° e da 94,5° a 103,4°; la parte intermedia della scala è sostituita da un bulbo. Le dimensioni caratteristiche sono, in millimetri: distanza dal centro del serbatoio allo zero della scala: 60,0; distanza dal centro del serbatoio al punto 100: 456,8; lunghezza di un grado della scala:8,815; lunghezza totale del termometro: 524,5; diametro esterno dello stelo e del serbatoio: 5,0".

Prendere le misure
Le Tavole di ragguaglio