

La misura della temperatura

Due lettere che Sagredo [1] scrive a Galileo nel 1612 e nel 1613 documentano i primordi nella misura della temperatura:

GIOAN FRANCESCO SAGREDO. Da Venezia, 30 Giugno 1612 (A Firenze).

"Il sig. Mula ... mi riferì aver veduto uno stromento dal sig. Santorio, col quale si misurava il freddo ed il caldo [e] mi comunicò questo essere una gran bolla di vetro con un collo lungo..." [2].

GIOAN FRANCESCO SAGREDO. Da Venezia, 9 Maggio 1613 (A Firenze).

"L'istromento per misurar il caldo inventato da V.S.E. è stato da me ridotto in diverse forme assai comode ed esquisite, in tanto che la differenza della temperie di una stanza all'altra si vede fin cento gradi. Ho con questi speculate diverse cose meravigliose, come per esempio che l'inverno sia più fredda l'aria che il ghiaccio e la neve..." [3].

Testimonianze aggiuntive fanno ritenere che lo strumento per misurare "il freddo ed il caldo" sia stato realizzato da Galileo attorno al 1603, come indicato nel catalogo del Museo Galileo che ne riporta la denominazione di "termoscopio" e una ricostruzione [4].

Nei verbali della "Accademia del Cimento" pubblicati nel 1666 [5] nel capitolo intitolato *"Dichiarazione d'alcuni strumenti per conoscere l'alterazioni dell'aria derivanti dal caldo, e dal freddo"*, viene descritto un termometro a fiala:

"... un Termometro ma piu pigro, e infingardo di tutti gli altri. Poichè dove quegli per ogni poco, che l'aria li stemperi veggonli subito alterare, quest'altro non è tanto veloce, ed a muoverlo vi vuol'altro



[1] Giovanni Francesco Sagredo (Venezia, 19 giugno 1571 – Venezia, 5 marzo 1620)

[2] *Le opere di Galileo Galilei. Prima edizione completa condotta sugli autentici manoscritti Palatini e dedicata a S.A.I. e R. Leopoldo II Granduca di Toscana.* Tomo VIII, Firenze, Società Editrice Fiorentina, 1851, pp. 216-220. | [PDF](#) |

<https://play.google.com/books/reader?id=cFLCKSbe2iwC>

[3] *ivi*, pp. 269-271.

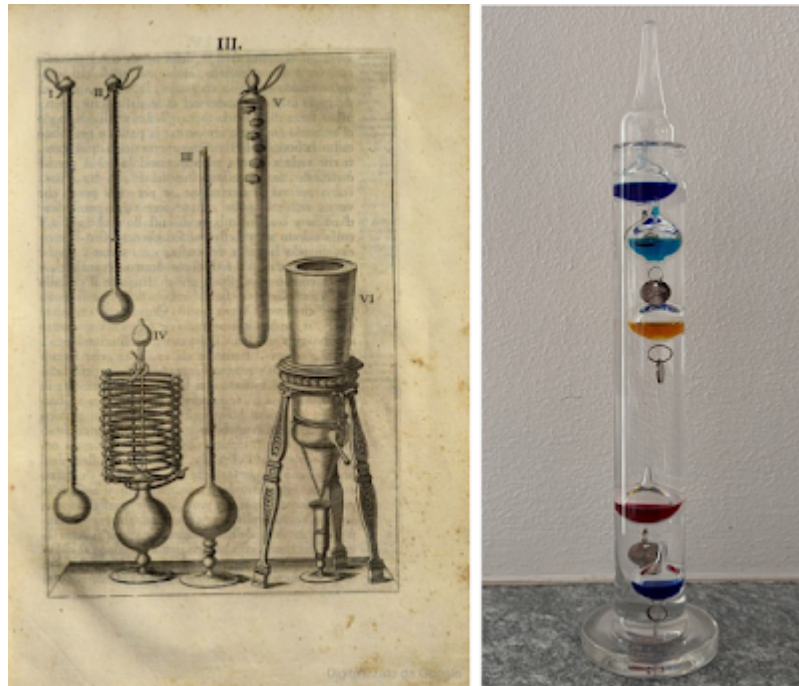
[4] Museo Galileo. Termoscopio.

<https://catalogo.museogalileo.it/oggetto/Termoscopio.html>

[5] *DI NATVRALI ESPERIENZE FATTE NELL'ACCADEMIA DEL CIMENTO SOTTO LA PROTEZIONE DEL SERENISSIMO PRINCIPE LEOPOLDO DI TOSCANA E DESCRITTE DAL SEGRETARIO DI ESSA ACCADEMIA.* IN FIRENZE. MDCLXVI. | [PDF](#) |

<https://play.google.com/books/reader?id=BcCpGiXkRKsC>

che minime, ed insensibili differenze. Nulladimeno perchè di questi ancora, n'è andati in diuerse parti dentro, e fuori d'Italia; li dira brevemente in questo luogo della loro fabbrica...".



Nell'immagine a destra una versione attuale, impropriamente denominata "termometro galileiano", del termometro a fiala indicato con V nella tavola di sinistra, tratta dall'opera sopra citata: i cinque termometri da I a V illustrati erano riempiti con "il sottilissimo spirito del vino, o acquarzente". Come VI nella tavola è indicato invece uno strumento che serviva "per riconoscere le differenze dell'umido nell'aria".

Nel 1724 il tedesco Daniel Gabriel Fahrenheit, ispirandosi a studi precedenti del danese Ole Christensen Rømer, propone l'impiego del mercurio e di una scala delle temperature che, dopo alcune modifiche, è diventata l'attuale scala Fahrenheit, che

VIII. Experimenta & Observationes de Congelatione aquæ in vacuo factæ a D. G. Fahrenheit, R. S. S.

Inter plurima admiranda Naturæ Phænomena aquarum congelationem non minoris momenti esse semper judicavi; hinc sæpe experiundi cupidus fui, quinam effectus frigoris futuri essent, si aqua in spatio ab aere vacuo clauderetur. Et quoniam dies secundus, tertius & quartus Martii, (Styli V.) Anni 1721. ejusmodi experimentis favebat, hinc sequentes observationes & experimenta a me sunt factæ.

fissa a 32 gradi il punto di congelamento dell'acqua e a 212 gradi il punto di ebollizione, con un intervallo di 180 gradi tra le due temperature (il grado Fahrenheit è oggi indicato con il simbolo °F).

Scrive Fahrenheit:

"Tra i tanti mirabili fenomeni della natura, ho sempre considerato di non poca importanza il congelamento dell'acqua; perciò ho spesso desiderato sperimentare quali effetti

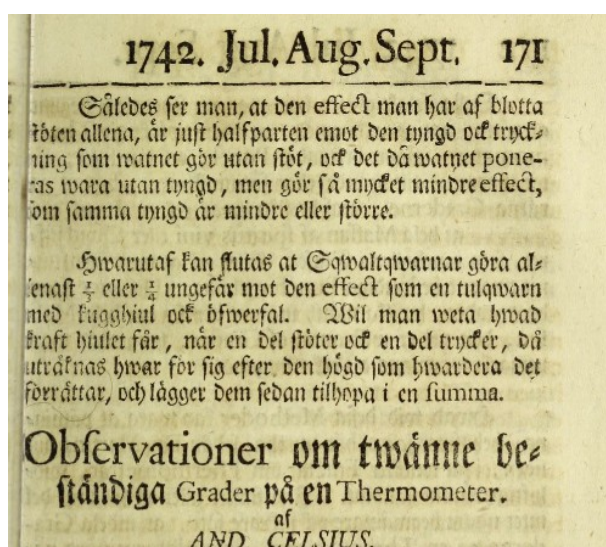
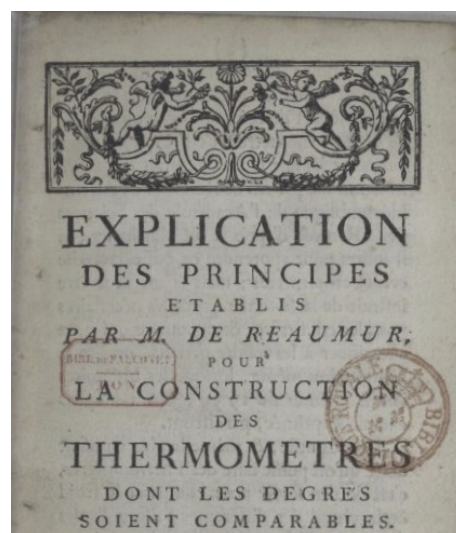
avrebbe avuto il freddo se l'acqua fosse stata confinata in uno spazio privo di aria. E poiché il secondo, il terzo e il quarto giorno di marzo (stile V) dell'anno 1721 furono favorevoli a tali esperimenti, ho effettuato le seguenti osservazioni ed esperimenti..."
[6] .

[6] VIII. Experimenta & observationes de congelatione aquæ in vacuo factæ a D. G.

Nel 1732 il francese René-Antoine Ferchault de Réaumur propone un termometro ad alcool con un intervallo di 80 gradi:

"Il s'est déterminé à faire remplir les Thermometres d'un Esprit de Vin, dont le volume étant de 1000 parties, lorsqu'il a pris le froid de l'eau qui commence à se geler, devient 1080, lorsqu'il a pris le plus grand degré de chaleur que l'eau puisse lui donner sans le faire bouillir" [7], in un lavoro cui si era ispirato Christin.

Lo svedese Anders Celsius nel 1742 pubblica, negli *Atti della Accademia Reale Svedese di Scienze*, la proposta di adottare per la misura della temperatura una scala centesimale con due punti fissi, il punto 0



alla temperatura di ebollizione dell'acqua e il punto 100 alla temperatura di congelamento dell'acqua [8].

Il fisico francese Jean-Pierre Christin nel 1743 propone un termometro a mercurio che scambia tra loro i valori assegnati da Celsius ai due punti fissi fissando a 0 gradi la temperatura di congelamento e a 100 gradi la temperatura di ebollizione dell'acqua [9] a p. 250:

"En juillet 1743, il fait connaître au public, par la voie des journaux (*Mercure de France, etc., etc.*), son thermomètre centigrade à mercure, sous le nom de

Fahrenheit, R. S. S. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Volume 33, Issue 382. Published: 30 April 1724. |PDF|

<https://doi.org/10.1098/rstl.1724.0016>

[7] *Explication des principes établis par M. de Réaumur, pour la construction des thermometres dont les degrés soient comparables*. 1732. |PDF|

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6535672b/>

"Ha deciso di riempire i termometri con uno spirito di vino, il cui volume, essendo di 1000 parti quando ha preso il freddo dell'acqua che comincia a ghiacciare, diventa 1080 quando ha preso il massimo grado di calore che l'acqua può dargli senza farla bollire"

[8] Celsius, Anders (1742). *Observationer om tvåänne beständiga grader på en thermometer*. Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar (3): 171–180. |PDF|

<https://archive.org/stream/kungligasvenskav1317kung>

[9] *SUR L'INVENTION DU THERMOMÈTRE CENTIGRADE A MERCURE, Faite à Lyon par M. CHRISTIN*. NOTICE LUE A LA SOCIÉTÉ D'AGRICULTURE DE LYON, Dans la séance du 4 juillet 1845. In: *ANNALES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES, D'AGRICULTURE ET D'INDUSTRIE*, PUBLIÉES PAR La Société royale d'Agriculture, etc., DE LYON. TOME VIII. 1845. |PDF|

<https://play.google.com/books/reader?id=o4g9AQAAAMAJ>

p. 250: "Nel luglio del 1743 fece conoscere al pubblico, tramite giornali (*Mercure de France, ecc., ecc.*), il suo termometro centigrado a mercurio, con il nome di Termometro di Lione, suddiviso in base alla misura della dilatazione del mercurio..."

pp. 259-260: "...lo zero reale del termometro Celsius indicava l'ebollizione dell'acqua, mentre

Thermomètre de Lyon, divisé selon la mesure de la dilatation du mercure..." e alle pp. 259-260: "... le zéro vrai du thermomètre de Celsius marquait l'eau bouillante, tandis que le 100eme degré correspondait à la congélation, ce qui est précisément l'inverse de la graduation lyonnaise".

SUR L'INVENTION DU THERMOMÈTRE CENTIGRADE A MERCURE,

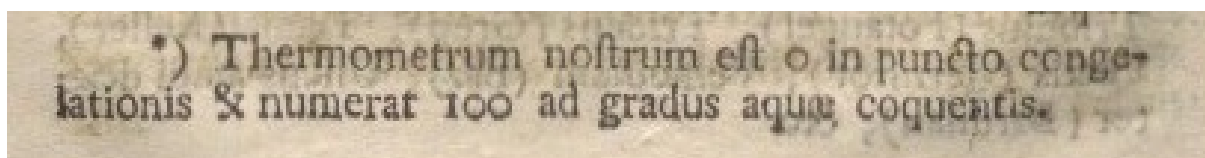
Faite à Lyon par M. CHRISTIN.

NOTICE LUE A LA SOCIÉTÉ D'AGRICULTURE DE LYON,

Dans la séance du 4 juillet 1845.

La stessa scala viene adottata, probabilmente senza sapere del lavoro di Christin, da Carlo Linneo tre anni dopo il lavoro del suo connazionale Celsius. Infatti nel suo *Hortus upsaliensis* del 1745 a p. 23 Linneo riporta in una nota:

"Thermometrum nostrum est 0 in puncto congelationis & numerat 100 ad gradus aquæ coquentis" ^[10].



Siamo arrivati alla rivoluzione francese del 1789. Dieci anni dopo, il giorno 19 frimaio anno 8 (il 10 dicembre 1799), sulla base delle esigenze oramai inderogabili di disporre di unità di misura omogenee su tutto il territorio della repubblica, viene emanata la *"Legge che fissa definitivamente il valore del metro e del kilogrammo"* che (vedi immagine alla pagina precedente) riporta ^[11]:

"Art. 1°. La fissazione provvisoria della lunghezza del metro, a tre piedi undici linee e quarantaquattro centesimi, ordinata dalla legge del 1° agosto 1793 e 18 germinale anno 3, è revocata e data come non avvenuta. Detta lunghezza, pari alla decimilionesima parte dell'arco del meridiano terrestre compreso tra il polo nord e l'equatore, è definitivamente fissata, nel suo rapporto con le antiche misure, a tre piedi undici linee duecentonovantasei millesimi.

2. Il metro e il kilogrammo in platino, depositati il 4 messidoro scorso ^[12] al corpo legislativo dall'istituto nazionale delle scienze e delle arti, sono gli standard definitivi

il 100esimo grado corrispondeva al congelamento, che è esattamente l'inverso della graduazione di Lione".

[10] *Hortus upsaliensis*, 1745. |PDF|

<https://ia800503.us.archive.org/16/items/nauc1er-1745/Nauc1er1745.pdf>

p. 23: *"Il nostro termometro segna 0 in corrispondenza del punto di congelamento e 100 in corrispondenza del punto di ebollizione dell'acqua"*

[11] 19 frimaire an 8 (10 décembre 1799). *Loi qui fixe définitivement la valeur du mètre et du kilogramme*. In: *Recueil Général des Lois, Décrets, Ordonnances, etc., depuis le mois de Juin 1789 jusqu'au mois d'Août 1830*. Tome huitième. A Paris a l'Administration du Journal des des Notaires, 1839, p. 329. |PDF|

<https://play.google.com/store/books/details?id=nCUUAAAAYAAJ>

[12] Il 4 messidoro dell'anno 7, cioè il 23 giugno 1799.

delle misure di lunghezza e di peso in tutta la repubblica. Ne verranno rilasciate alla commissione consolare delle copie esatte, che serviranno alla preparazione delle nuove misure e di nuovi pesi.

3. Le altre disposizioni della legge del 18 germinale anno 3, concernenti tutto quanto è relativo al sistema metrico, così come la nomenclatura e la preparazione dei nuovi pesi e delle nuove misure, continueranno ad essere applicate.

4. Sarà preparata una medaglia per trasmettere alla posterità l'epoca alla quale il sistema metrico è stato messo a punto, e l'operazione che ne fornisce le basi. L'iscrizione, sul lato principale della medaglia, sarà, a tous les temps, a tous les peuples, e nell'esergo, repubblica francese, anno 8. I consoli della repubblica sono incaricati di stabilirne gli altri aspetti" [13].



Nonostante le difficoltà che verranno incontrate per la effettiva implementazione del sistema nella realtà sociale ed economica, con queste unità, con questa nomenclatura e con la decimalizzazione, che prevede di impiegare solamente multipli e sottomultipli in base dieci delle unità del sistema, viene realizzato, in soli dieci anni, **il Sistema metrico**, un capolavoro scientifico dedicato "**a tous les temps, a tous les peuples**".

Manco solamente un passo, il più difficile, capire la natura del "fluido calorico" che si può misurare con un termometro e che ha reso possibile, già da una trentina di anni prima della rivoluzione del 1789, la realizzazione della macchina a vapore. Nella seconda metà del 1800 nasce la termodinamica: la nuova teoria fisica spiega che il calore è una forma di energia, che deriva dal movimento disordinato di atomi e molecole, che questa energia può essere ridotta fino ad essere portata a zero ma non oltre: nasce per la temperatura il concetto di "zero assoluto".

Il 20 maggio 1875 l'Italia aderisce alla Convenzione del Metro adottando il sistema metrico decimale – che successivamente si è evoluto nei sistemi di unità di misura prima MKS (nel 1913), poi MKSA (nel 1954) e infine nell'attuale Sistema Internazionale di Unità (SI), nato ufficialmente nel 1948, adottato nel 1960, recepito a livello europeo nel 1979 e in Italia adottato per legge dal 1982.

La brochure ufficiale che illustra il SI [14] riporta tra le sette unità di base del SI, che includono la temperatura termodinamica espressa in kelvin (K). Dalle unità di base del SI si ricavano ventidue unità SI con nomi e simboli speciali che includono la temperatura Celsius espressa in gradi Celsius (°C), adottata dalla 9ª CGPM (la Conferenza Generale dei Pesi e Misure ovvero il "parlamento" nel quale i rappresentanti nazionali discutono e adottano le decisioni in merito alle convenzioni in campo metrologico) che si è tenuta nel 1948 – in luogo del fino ad allora denominato "grado centesimale" o "grado centigrado" – il "grado Celsius", in onore dello scienziato svedese.

[13] L'iscrizione è riportata anche nel francobollo emesso in occasione della "10e conférence internationale des Poids et Mesures", Parigi, 4 ottobre 1954.

[14] SI Brochure: The International System of Units (SI). |PDF|

<https://www.bipm.org/en/publications/si-brochure>

Il valore numerico di una temperatura Celsius (t) espressa in gradi Celsius (°C) è collegato al valore numerico della temperatura termodinamica (T) espressa in kelvin (K) dalla relazione

$$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273.15 \text{ [15]}$$

Da notare che in questo modo il valore numerico di una differenza (o intervallo) di temperatura è lo stesso quando espresso in kelvin o in gradi Celsius: se una temperatura aumenta (ad esempio) di 10 kelvin, aumenta anche esattamente di 10 gradi Celsius. Mentre posso dire che una certa mattina nel giardino di casa il mio termometro segnava "una temperatura di 0 gradi [Celsius]" piuttosto che "una temperatura di 273.15 kelvin". E posso infine dire che la minima temperatura raggiungibile, lo zero assoluto, corrisponde a - 273.15 gradi Celsius.

Adozione del Sistema internazionale di unità Si in Europa

DIRETTIVA DEL CONSIGLIO del 20 dicembre 1979 per il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle unità di misura che abroga la direttiva 71/354/CEE (80/181/CEE)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:31980L0181>

DIRETTIVA DEL CONSIGLIO del 18 dicembre 1984 che modifica la direttiva 80/181/CEE per il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle unità di misura

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:31985L0001>

DIRETTIVA 1999/103/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 24 gennaio 2000 che modifica la direttiva 80/181/CEE sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle unità di misura

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0103>

DIRETTIVA 2009/3/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO dell'11 marzo 2009 che modifica la direttiva 80/181/CEE del Consiglio sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri riguardo alle unità di misura

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0003>

DIRETTIVA 2019/1258 DELLA COMMISSIONE del 23 luglio 2019 che modifica, ai fini dell'adattamento al progresso tecnico, l'allegato della direttiva 80/181/CEE del Consiglio per quanto riguarda le definizioni delle unità SI di base

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L1258>

Adozione del Sistema internazionale di unità Si in Italia

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 12 agosto 1982, n. 802 Attuazione della direttiva (CEE) n. 80/181 relativa alle unità di misura. GU Serie Generale n.302 del 03-11-1982 - Suppl. Ordinario

<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1982/11/03/082U0802/sg>

[15] La spiegazione della notazione impiegata è riportata nella *SI Brochure* e a pag. 52 del mio ebook su *Grandezze e unità di misura*. **[PDF]**

<https://www.academia.edu/41041923/>

<https://play.google.com/books/reader?id=GciVDwAAQBAJ>

<https://www.bayes.it/SI.pdf>

DECRETO 29 gennaio 2001 Attuazione della direttiva 1999/103/CE che modifica la direttiva 80/181/CEE sul riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle unita' di misura.
GU Serie Generale n.27 del 02-02-2001

<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2001/02/02/001A1152/sg>

DECRETO 29 ottobre 2009 Attuazione della direttiva 2009/3/CE del Parlamento europeo e del Consiglio dell'11 marzo 2009 che modifica la direttiva 80/181/CEE del Consiglio sul riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri riguardo alle unita' di misura. (09A13580).
GU Serie Generale n.273 del 23-11-2009

<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2009/11/23/09A13580/sg>

DECRETO 7 aprile 2020 Attuazione della direttiva (UE) 2019/1258 della Commissione del 23 luglio 2019 che modifica, ai fini dell'adattamento al progresso tecnico, l'allegato della direttiva 80/181/CEE del Consiglio per quanto riguarda le definizioni delle unita' SI di base

<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2020/05/09/20A02529/sg>

