



La misura della temperatura

Due lettere che Sagredo [1] scrive a Galileo [2] 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..." [3].

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..." [4].

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 [5].

Nei verbali della "Accademia del Cimento" pubblicati nel 1666 [6] 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 ftemperi 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] Galileo Galilei (Pisa, 1564 – Arcetri, 1642)

[3] *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>

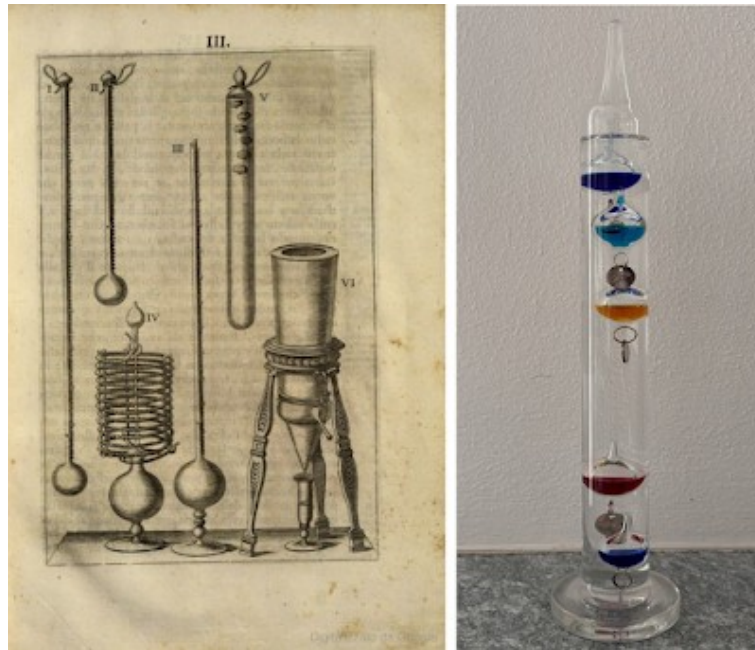
[4] *ivi*, pp. 269-271.

[5] Museo Galileo. Termoscopio.

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

[6] *DI NATVRALI ESPERIENZE FATTE NELL'ACCADEMIA DEL CIMENTO SOTTO LA PROTEZIONE DEL SERENISSIMO PRINCIPE LEOPOLDO DI TOSCANA E DESCRITTE DAL SEGRETARIO DI*

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 [7], ispirandosi a studi precedenti del danese Ole Christensen Rømer [8], propone l'impiego del mercurio e di una scala delle temperature che, dopo alcune modifiche, è diventata l'attuale scala Fahrenheit, che 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:

VIII. Experimenta & Observationes de Congelatione aque 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.

"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 poichè il secondo, il

terzo e il quarto giorno di marzo (stile V) dell'anno 1721 furono favorevoli a tali

ESSA ACCADEMIA. IN FIRENZE. MDCLXVI. | PDF |

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

[7] Daniel Gabriel Fahrenheit (Danzica, 1686 – L'Aia 1736)

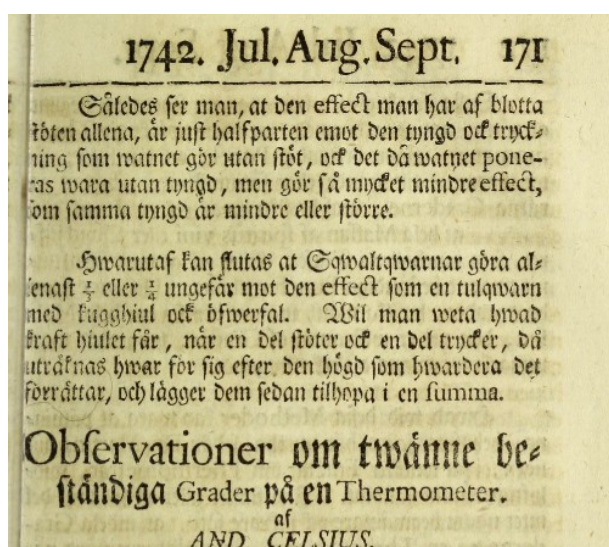
[8] Ole Christensen Rømer (Aarhus, 1644 – Copenhagen, 1710)

esperimenti, ho effettuato le seguenti osservazioni ed esperimenti..." [9].

Nel 1732 il francese René-Antoine Ferchault de Réaumur [10] propone un termometro ad alcool con un intervallo di 80 gradi:

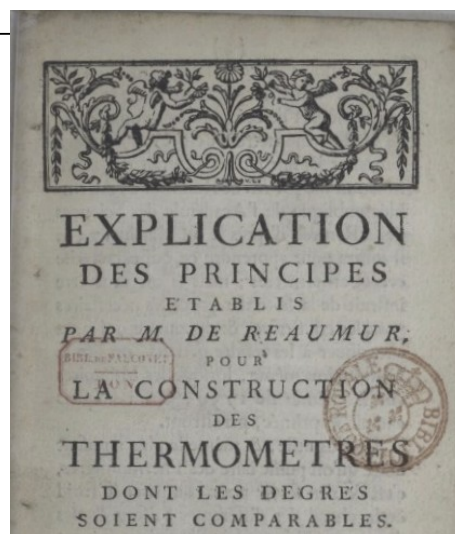
"Il s'est déterminé à faire remplir les Thermometres d'un Esprit de Vin, dont le volume étant de 1000 parties, lorsqu'il a pris le froid de l'eau qui commence à se geler, devient 1080, lorsqu'il a pris le plus grand degré de chaleur que l'eau puisse lui donner sans le faire bouillir" [11], in un lavoro cui si era ispirato Christin.

Lo svedese Anders Celsius [12] 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 [13].



Il fisico francese Jean-Pierre Christin [14] 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 [15] a p. 250:

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

[10] René-Antoine Ferchault de Réaumur (La Rochelle, 1683 – Saint-Julien-du-Terroux, 1757)

[11] *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"

[12] Anders Celsius (Uppsala, 1701 – Uppsala, 1744)

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

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

[14] Jean-Pierre Christin (Lione, 1683 – Lione, 1755)

[15] *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>

"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 *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,

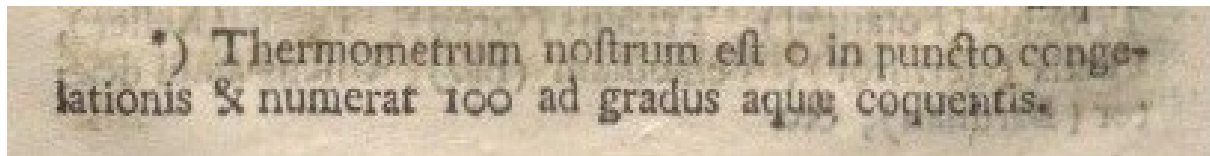
Faite à Lyon par M. CHRISTIN.

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 ^[16] 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*" ^[17].



Manca solamente, per garantire il necessario fondamento scientifico alla misura empirica della temperatura con un termometro, un passo, il più difficile: capire la natura del "fluido calorico" che aveva reso possibile la costruzione delle prime macchine a vapore che lo scozzese James Watt ^[18] nel 1766 aveva perfezionato realizzando la svolta tecnologica che sarebbe stata alla base della prima rivoluzione industriale.

Attorno alla metà del 1800 nasce la termodinamica: la nuova teoria fisica spiega che il calore è una forma di energia, energia termica, che deriva dal movimento disordinato

A 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..." e alle pp. 259-260: "...lo zero reale del termometro Celsius indicava l'ebollizione dell'acqua, mentre il 100esimo grado corrispondeva al congelamento, che è esattamente l'inverso della graduazione di Lione".

[16] Carl Nilsson Linnaeus (Råshult, 1707 – Uppsala, 1778)

[17] *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"

[18] James Watt (Greenock, 1736 – Healthfield Hall, 1819)

di atomi e molecole, e che può essere ridotta fino a zero, nasce quindi per la temperatura il concetto di "zero assoluto".

Nel 1848 Sir William Thomson ^[19], noto come Lord Kelvin ^[20], pubblica il lavoro nel quale propone, per la misura della temperatura, l'impiego di una scala assoluta ^[21].

[Cambridge Philosophical Society Proceedings for June 5, 1848; and Phil. Mag., Oct. 1848.]

**ART. XXXIX. ON AN ABSOLUTE THERMOMETRIC SCALE FOUNDED
ON CARNOT'S THEORY OF THE MOTIVE POWER OF HEAT*, AND
CALCULATED FROM REGNAULT'S OBSERVATIONS†.**

Il 20 maggio 1875 l'Italia, consapevole dell'importanza strategica, dal punto di vista scientifico e dal punto di vista economico e commerciale, di un sistema di grandezze e unità di misura unico, razionale, semplice e internazionalmente condiviso, aderiva alla *Convenzione del Metro* e adottava 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 ^[22] e in Italia adottato per legge dal 1982 ^[23].

La brochure ufficiale che illustra il SI ^[24] ci ricorda che tra le sette *unità di base* del sistema vi è la **temperatura termodinamica** (T) espressa in **kelvin** (K).

Dalle sette unità di base del SI si ricavano ventidue *unità SI con nomi e simboli speciali* che includono la **temperatura Celsius** (t) espressa in **gradi Celsius** (°C) in onore dello scienziato svedese e adottata dalla 9ª CGPM ^[25] che si è tenuta nel 1948.

[19] Lord William Thomson (Belfast, 1824 – Largs, 1907)

[20] NIST. *Kelvin: History*.

<https://www.nist.gov/si-redefinition/kelvin-history>

[21] Sir William Thomson. *On an Absolute Thermometric Scale founded on Carnot's Theory of the Motive Power of Heat, and calculated from Regnault's Observations*. Cambridge Philosophical Society Proceedings for June 5, 1848; and Phil. Mag., Oct. 1848. Riportato in: *Mathematical and Physical Papers by Sir William Thomson*, volume 1, Cambridge: at University Press, 1882, pp. 100-106. | **PDF** |

<https://archive.org/details/mathematicaland01kelvgoog>

[22] 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>

[23] 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>

[24] Bureau International des Poids et Mesures. (2025). *Le Système international d'unités/The International System of Units* [Brochure]. 9th edition. <https://doi.org/10.59161/AUEZ1291> | **PDF** |

[25] La Conferenza Generale dei Pesi e Misure (CGPM) è il "parlamento" nel quale i

Da allora il "grado centesimale" e il "grado centigrado" NON sono più ammessi, NON devono essere impiegati per esprimere la temperatura in quanto NON sono unità SI.

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

$$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15 \text{ } [^{26}]$$

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 quindi se una temperatura aumenta (ad esempio) di 10 kelvin (K), aumenta anche esattamente di 10 gradi Celsius (°C);
- si può dire che una mattina d'inverno nel giardino di casa il termometro segnava "una temperatura di 0 gradi [Celsius]" piuttosto che "una temperatura di 273,15 kelvin";
- si può infine dire che la minima temperatura raggiungibile, lo zero assoluto, corrisponde a - 273,15 gradi Celsius.

Infine nel caso del *Sistema imperiale britannico* del Regno Unito e delle *Customary units* degli USA – sistemi di unità di misura il cui impiego è ammesso per l'uso corrente nelle rispettive nazioni anche se queste hanno aderito al Sistema Internazionale di Unità – che ancor oggi esprimono la temperatura (t) in **gradi Fahrenheit** (°F), vale la conversione

$$t/^{\circ}\text{C} = (t/^{\circ}\text{F} - 32) / (1,8)$$



rappresentanti nazionali discutono e adottano le decisioni in merito alle convenzioni in campo metrologico.

[26] La spiegazione della notazione impiegata è riportata nella *SI Brochure* 9^a edizione precedentemente citata, al punto 5.4 *Rules and style conventions for expressing values of quantities*, e a pag. 52 dell'ebook *Grandezze e unità di misura. Breve storia dall'antichità al Sistema Internazionale di Unità (SI)*. | **PDF** |