

APPROFONDIMENTO

Temperatura e scale termometriche

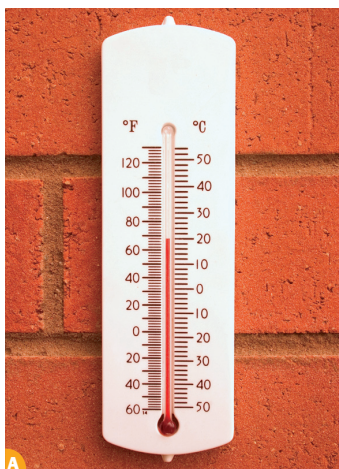
Temperatura e termometri

Per comunicare la sensazione di caldo o di freddo spesso si usano frasi di questo tipo: «Non faccio il bagno perché l'acqua è troppo fredda», oppure «Oggi fa più caldo di ieri» e così via; si tratta di frasi che forniscono indicazioni molto soggettive e quindi poco attendibili. Nella pratica scientifica per esprimere lo stato termico di un sistema si fa riferimento alla grandezza *temperatura*.

! La **temperatura (t)** è quella proprietà della materia che può essere misurata con uno strumento chiamato **termometro**.

I termometri più comuni sfruttano il fenomeno della **dilatazione termica**, cioè il fatto che in generale tutti i corpi si dilatano (aumentano il proprio volume) quando la loro temperatura aumenta e, viceversa, si contraggono (diminuiscono il proprio volume) quando la loro temperatura diminuisce (figura 1).

Dal 3 aprile 2009 nei Paesi dell'Unione Europea non è più consentito fabbricare e vendere *termometri a mercurio* destinati al pubblico. Il mercurio è un metallo altamente tossico che diviene pericoloso quando fuoriesce dal termometro ed è per questo che i vecchi termometri non vanno dispersi nell'ambiente.



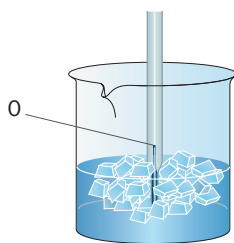
◀ **Figura 1**

A) Nei termometri di questo tipo la dilatazione (o la contrazione) di un liquido avviene all'interno di un sottile capillare di vetro e si traduce quindi in una variazione di lunghezza. La temperatura corrisponde al livello del liquido e si legge direttamente sulla scala graduata.

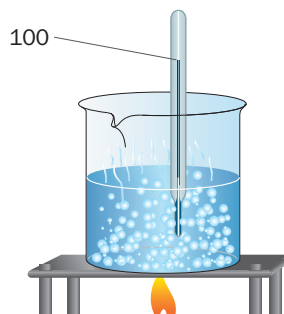
B) In altri tipi di termometri si dilata (o si contrae) una spirale metallica; la variazione viene trasmessa all'indice mobile di una scala graduata.

La scala termometrica di Celsius

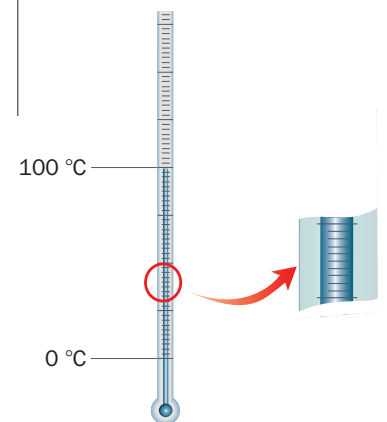
In Italia e in molti altri Paesi il valore della misura che si ottiene con i termometri è determinato in base alla *scala termometrica* chiamata **scala Celsius**, poiché fu ideata nel 1742 dal fisico e astronomo svedese A. Celsius attraverso una procedura illustrata nelle immagini che seguono.



Celsius immerse un capillare contenente mercurio in un sistema acqua/ghiaccio (ghiaccio fondente): il livello del mercurio corrisponde a una temperatura a cui egli attribuì il valore zero.



Celsius immerse lo stesso capillare in acqua bollente: il nuovo livello raggiunto dal mercurio corrisponde a una temperatura a cui Celsius assegnò il valore cento.



Celsius divise l'intervallo individuato in 100 parti uguali: ognuna di queste rappresenta la variazione unitaria di temperatura che oggi si chiama **grado Celsius (°C)**.

APPROFONDIMENTO

Temperatura e scale termometriche

La scala termometrica centigrada di Celsius può essere prolungata anche sopra e sotto le due tacche di riferimento; la suddivisione della scala rimane sempre uguale a patto che il liquido utilizzato nel termometro, a queste temperature più alte o più basse, mantenga le proprie caratteristiche. Per esempio, con il mercurio si possono rilevare temperature comprese tra $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $+350\text{ }^{\circ}\text{C}$, e con l'alcol temperature comprese nell'intervallo tra $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $+78\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Come si deduce dalla procedura seguita da Celsius, la costruzione di una scala termometrica deve passare attraverso l'individuazione di due sistemi di riferimento, facilmente riproducibili, caratterizzati ciascuno da una temperatura precisa e costante alla quale viene assegnato un valore arbitrario.

In molti Paesi anglosassoni è ancora in uso la scala termometrica ideata nel 1724 dal fisico tedesco Daniel Gabriel Fahrenheit. I sistemi di riferimento scelti per la costruzione della scala Fahrenheit sono diversi da quelli di Celsius e quindi le due scale termometriche sono diverse.

La scala Kelvin

Il valore della temperatura dell'aria in una tiepida giornata primaverile può essere espresso nei seguenti due modi:

$$t = 25\text{ }^{\circ}\text{C} \qquad T = 298\text{ K}$$

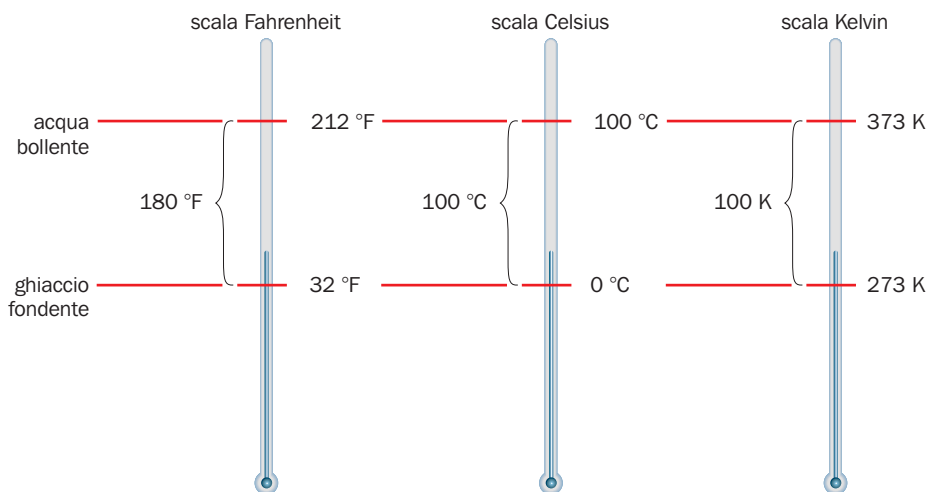
La seconda espressione fa riferimento alla cosiddetta *temperatura assoluta*: questa è una grandezza fondamentale del Sistema Internazionale, viene indicata con il simbolo T e ha come unità di misura il **kelvin (K)**, in onore del suo ideatore, William Thomson, lo scienziato britannico più noto come Lord Kelvin. Se si esprimono le temperature nella scala Kelvin, il simbolo grado ($^{\circ}$) non deve essere usato; l'espressione 298 K viene letta «duecentonovantotto kelvin».

La **scala Kelvin** ha la caratteristica di non presentare valori negativi e infatti la scala inizia dal cosiddetto *zero assoluto*. In questa scala la temperatura di fusione del ghiaccio vale 273 K e la temperatura di ebollizione dell'acqua distillata è di 373 K.

In base a questi dati si può capire che nella scala Kelvin la variazione di una unità di temperatura (1 K) corrisponde esattamente alla variazione di $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e pertanto è piuttosto facile convertire un valore di temperatura da una scala all'altra. Per convertire in kelvin i valori di temperatura letti sulla scala Celsius si usa la seguente relazione:

$$\text{temperatura (kelvin)} = \text{temperatura (Celsius)} + 273$$

La relazione tra la scala Kelvin e le altre due scale termometriche è mostrata nella **figura 2**.



I protagonisti della scienza



Anders Celsius (1701-1744) soggiornò per due anni in Italia ed effettuò una lunga serie di osservazioni astronomiche utilizzando le meridiane degli astronomi Cassini in S. Petronio a Bologna e Bianchini in S. Maria degli Angeli a Roma. Celsius partecipò anche a una spedizione francese nelle regioni polari per la misurazione del grado di meridiano.

ESEMPIO

Un termometro indica la temperatura di $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Qual è il valore di questa temperatura espresso in kelvin? In base alla relazione tra le due scale termometriche possiamo scrivere:

$$T = t + 273 = 50 + 273 = 323\text{ K}$$

PROVA TU

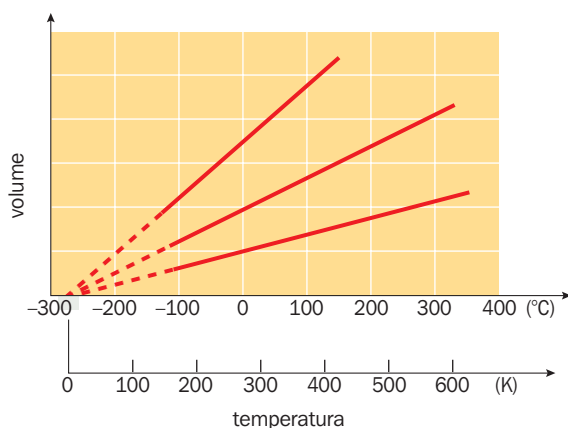
Esprimi in gradi Celsius la temperatura $T = 265\text{ K}$.

◀ **Figura 2** Osservando le *scale termometriche* si può dedurre che alla variazione di temperatura di $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ corrispondono le variazioni di temperatura di $1,8\text{ }^{\circ}\text{F}$ e di 1 K . Per convertire in gradi Celsius una temperatura espressa nella scala Fahrenheit occorre usare la seguente relazione:
 $t\text{ }^{\circ}\text{C} = (t\text{ }^{\circ}\text{F} - 32) \cdot 5/9$

L'origine della scala Kelvin

La scala assoluta delle temperature, o scala Kelvin, presentata nel 1848, si differenzia dalle altre scale termometriche perché nasce in modo nettamente diverso: essa infatti è definita indipendentemente da qualsiasi sostanza termometrica, cioè non si basa sulla attribuzione di due valori arbitrari di temperatura a due punti fissi e riproducibili di un sistema.

Già prima di Lord Kelvin alcuni scienziati avevano raccolto dati sulla diminuzione di volume dei gas al diminuire della temperatura e a pressione costante; riportando in grafico il comportamento di un gas a pressioni diverse si osserva un fatto singolare: le rette che descrivono la diminuzione del volume convergono tutte verso uno stesso punto a cui corrisponde un valore di temperatura di circa $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ (figura 3). Sulla base del lavoro di Lord Kelvin si può dire che l'esistenza dello zero assoluto viene individuata concettualmente, cioè si postula che esista un limite all'abbassamento della temperatura e, allo stesso modo, si è stabilito che tale limite non può essere materialmente raggiunto. Il valore di questa temperatura espresso nella scala Celsius si può ottenere attraverso l'estrapolazione di dati sperimentali ottenuti con il termometro a gas, cioè misurando il volume di una definita massa di gas a temperature via via decrescenti. In particolare, usando un termometro a gas che utilizza elio a bassa pressione si può arrivare a una temperatura che dista solo mezzo grado dallo zero assoluto.



◀ **Figura 3** Le rette del grafico si riferiscono a tre diverse trasformazioni isobare, cioè a pressione costante, della stessa massa di un qualunque gas. Per ciascuna di esse, il volume è direttamente proporzionale alla temperatura assoluta. La retta con pendenza minore si riferisce alla trasformazione che avviene a pressione più alta.

ESERCIZI

Temperatura e scale termometriche

- 1 Descrivi i due sistemi di riferimento utilizzati da Celsius per costruire la scala termometrica che porta il suo nome.
 - 2 La scala della temperatura assoluta consente di esprimere la temperatura:
 - A in gradi Celsius
 - B con valori positivi e negativi
 - C senza valori positivi
 - D con valori anche molto bassi
 - E senza valori negativi
 - 3 Se la temperatura di una fredda giornata invernale è di $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$, quale valore leggeremmo se la scala del termometro fosse tarata in kelvin?
 - 4 Negli Stati Uniti la temperatura viene espressa in gradi Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$).
 - a) Credi di poter fare il bagno se la temperatura dell'acqua è $30\text{ }^{\circ}\text{F}$?
 - b) Se la temperatura di un sistema aumenta di $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, di quanti gradi Fahrenheit aumenta?
 - 5 Uno studente ha misurato che passando dal giorno alla notte la temperatura dell'aria si è abbassata di $7,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Quanto vale la diminuzione espressa in kelvin?
 - 6 Utilizzando un termometro, uno studente ha misurato ogni due ore la temperatura e ha compilato la seguente tabella:

Tempo (ora del giorno)	Temperatura (gradi Celsius)
8	-1
10	1
12	3
14	5
16	6
18	6
20	4
22	1
24	-3
- 7 Nonostante che le scale termometriche Celsius e Fahrenheit siano diverse, esiste una temperatura che è espressa dallo stesso valore in entrambe. Qual è questo valore?
 - 8 Un filo elettrico di rame fonde alla temperatura di $1083\text{ }^{\circ}\text{C}$ mentre in un fusibile il filo di stagno fonde a $232\text{ }^{\circ}\text{C}$. Quale calcolo si deve fare per esprimere la differenza tra queste temperature nella scala Fahrenheit?
 - 9 In una stanza è collocato un termometro che riporta sia la scala Celsius sia la scala Fahrenheit. Se la temperatura della stanza passa da $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $23\text{ }^{\circ}\text{C}$, puoi con sicurezza affermare che:
 - A la temperatura indicata nella scala Fahrenheit è di $23\text{ }^{\circ}\text{F}$
 - B la temperatura è aumentata esattamente di $5\text{ }^{\circ}\text{F}$
 - C la temperatura è aumentata di $9\text{ }^{\circ}\text{F}$
 - D la temperatura è diminuita di $5\text{ }^{\circ}\text{F}$
 - E la temperatura indicata nella scala Fahrenheit è di $55\text{ }^{\circ}\text{F}$
 - 10 A proposito della scala termometrica Kelvin quale affermazione è sbagliata?
 - A Si chiama anche scala assoluta delle temperature
 - B Il suo valore più basso corrisponde a $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - C Presenta più valori positivi che valori negativi
 - D Il suo valore più basso è zero
 - E L'espressione 20 K si legge venti kelvin
 - 11 Uno studente versa acqua del rubinetto in due contenitori e li riscalda separatamente; in un caso la temperatura aumenta di $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e nell'altro di $20\text{ }^{\circ}\text{F}$. Dove si trova l'acqua più calda?

Sapendo che per escursione termica si intende la differenza tra la temperatura massima e quella minima:

- a) calcola il valore dell'escursione termica tra le ore 8 e le ore 10.
- b) in quale intervallo di tempo di due ore si è registrata la massima escursione termica?
- c) calcola il valore dell'escursione termica nell'intervallo di tempo dalle ore 8 alle ore 24.