

## Kelwin - co nowego?

Autor : Aleksandra Gadomska  
Opublikowane przez : Sebastian Margalski



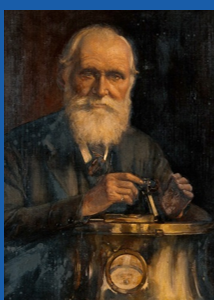
Typowa rozmowa o poranku w środku zimy. Brzmi znajomo? Temperatura cieszy się szczególnym zainteresowaniem o tej porze roku. Powitajmy naszego lutego bohatera - kelwina - podstawową jednostkę SI temperatury termodynamicznej.

Niemal we wszystkich dziedzinach naszego życia, zarówno prywatnego jak i zawodowego niezbędne są dokładne pomiary temperatury. Szerokie spektrum zastosowań takich pomiarów obejmuje zarówno kontrolę reakcji chemicznych, nadzór produkcji żywności, ocenę pogody, rejestrację zmian klimatu czy zwykłe sprawdzenie temperatury naszego ciała w przebiegu przeziębienia czy grypy. Pomiar temperatury stał się nieodłączną częścią niemal każdego procesu produkcyjnego, temperatura w wielu przypadkach jest parametrem krytycznym, ale bardzo trudno dokładnie ją zmierzyć w warunkach ekstremalnych, takich jak wysokie temperatury w procesie produkcji stali lub bardzo niskie temperatury wymagane dla stosowania nadprzewodników.

Historia pomiarów temperatury jest bardzo długa. Około 2000 lat temu starożytny grecki inżynier Filon z Bizancjum po raz pierwszy opisał termometr, a właściwie termoskop pozwalający na określenie różnicy temperatur. Zasada działania tego pierwszego termometru opierała się na zjawisku rozszerzalności cieplnej gazu pod wpływem temperatury. Przyrząd ten to jednostronnie zasklepiona rurka, której otwarty koniec zanurzano w naczyniu napelnionym cieczą. Pod wpływem temperatury gaz w urządzeniu sprężał się bądź rozprężał wciągając lub wypychając wodę z rurki. Późniejsze eksperymenty pokazały, że objętość gazu zmniejsza się o około jedną trzecią przy schładzaniu się wrzącej wody do punktu jej zamarzania. Eksperymenty te spowodowały wzrost zainteresowania faktem co stanie się, jeśli będziemy kontynuować schładzanie.

#### OKIENKO INFORMACYJNE

Fot. Wellcome Collection



**William Thomson**  
**lord Kelvin**  
**(1824 - 1907)**

**Nazwa jednostki, kelwin, symbol K, jest odmienna. Symbole takich jednostek zawsze powinny rozpoczynać się wielką literą! Nazwa jednostki pochodzi od tytułu wybitnego naukowca Williama Thomsona lorda Kelvina. Nazywając jednostkę w ten sposób, doceniono jego wielki wkład w rozwój fizyki a w szczególności w rozwój teorii ciepła.**

W połowie XIX wieku brytyjski fizyk William Thomson - później lord Kelvin - również zainteresował się ideą „nieskończonego zimna”, czyli stanu, który obecnie nazywamy zerem bezwzględnym (lub zerem absolutnym). W 1848 roku opublikował on pracę „O absolutnej skali temperatur”, w której oszacował wartość zera absolutnego na około  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$  z teoretycznych obliczeń temperatury kryształu doskonałego, w którym ustały wszelkie drgania tworzących go cząsteczek.

W czasach, kiedy lord Kelvin przeprowadzał swoje eksperymenty fakt, iż wszystkie substancje składają się z cząstek pozostających w ciągłym ruchu, nie był jeszcze powszechnie akceptowany. Skala temperatury termodynamicznej kelwina jest skalą absolutną, co oznacza że nie istnieją wartości poniżej 0 K, a osiągnięcie takiej temperatura oznacza ustanie wszelkich ruchów termicznych.

W momencie ustanowienia SI, w 1960 roku, zdefiniowano temperaturę punktu potrójnego wody jako dokładnie 273,16 K. Jest to temperatura w której (pod nieobecność powietrza) woda w stanie ciekłym, stałym (lód) i w postaci pary wodnej są w równowadze termodynamicznej. Temperatura ta została wybrana jako temperatura odniesienia, ponieważ było to wygodne i w miarę łatwo odtwarzalne. Pomiarów temperatury wszystkich obiektów wykonywane są obecnie względem tej temperatury odniesienia.

Dokładne brzmienie obecnej definicji jednostki temperatury w SI jest następujące:

kelwin -  $1/273,16$  część temperatury termodynamicznej  
punktu potrójnego wody

Ponieważ woda jest sformułowaniem nie do końca ścisłym, a temperatura jej wrzenia i topnienia jest ściśle związana z jej składem chemicznym, definicja ta jest doprecyzowana dokładnym składem izotopowym wody:

-  $0,00015576$  mola<sup>2</sup>H na jeden mol<sup>1</sup>H,

-  $0,0003799$  mola<sup>17</sup>O na jeden mol<sup>16</sup>O i

-  $0,0020052$  mola<sup>18</sup>O na jeden mol<sup>16</sup>O;

Podsumowując obecny stan w pomiarach i odtwarzaniu temperatur, aby mieć dokładne odniesienie nie możemy po prostu wziąć wody z kranu i jej zamrozić, tylko potrzebujemy wytworzonej w laboratorium próbki wody o idealnych proporcjach izotopów tlenu i wodoru a następnie w ściśle kontrolowanych warunkach środowiskowych odtworzyć ten potrójny punkt wody, czyli stan w którym woda jest i lodem i cieczą i parą wodną. Wydaje się, że jeśli chcemy bardzo dokładnie odtworzyć ten punkt potrójny, to pojawia się wokół kilka istotnych zagadnień, których musimy w sposób szczególny dopilnować. Przeszkody jakie pojawiają się na drodze dokładnego określenia temperatury odniesienia są znaczące. Pierwszy problem to osiągnięcie idealnego pod względem izotopowym składu wody, kolejny to ścisła kontrola warunków odniesienia (zjawisko współistnienia wody w trzech stanach skupienia ściśle zależy od ciśnienia) a kolejny to wnikliwa obserwacja kiedy dokładnie pojawia się ten moment kiedy mamy i lód i parę i wodę. Właśnie te opisane powyżej trudności spowodowały dążenie do tego, aby zdefiniować jednostkę temperatury inaczej, a jej realizację uniezależnić od czynników takich jak ciśnienie, czy skład izotopowy wody.

W wyniku szeregu prac naukowych, które miały na celu odniesienie temperatury do energii termicznej ciał wynikającej z termicznego ruchu ich cząstek, udało się sformułować nową definicję kelwina, która 20 maja 2019 otrzyma brzmienie:

kelwin, oznaczenie K, jest to jednostka SI temperatury termodynamicznej. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej stałej Boltzmana  $k$ , wynoszącej  $1,380\ 649 \times 10^{-23}$ , wyrażonej w jednostce  $\text{J K}^{-1}$ , która jest równa  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$ , gdzie kilogram, metr i sekunda zdefiniowane są za pomocą  $h$ , ci  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$

Według nowej definicji jeden kelwin jest równy zmianie temperatury termodynamicznej, która skutkuje zmianą energii cieplnej  $kT$  o  $1,380\ 649 \times 10^{-23}\text{J}$ . Rewolucji w pomiarach temperatury większość ludzi zapewne nie odczuje, jednak otworzy ona nowe możliwości dla dokładnych pomiarów w przypadku bardzo niskich i bardzo wysokich temperatur.

W naszym życiu codziennym jesteśmy przyzwyczajeni do wyrażania temperatury w skali Celsjusza. Skala ta oparta jest na punkcie zamarzania ( $0\text{ }^\circ\text{C}$ ) i wrzenia wody ( $100\text{ }^\circ\text{C}$ ). Stopień Celsjusza związany jest z kelwinem następującym równaniem:

$$t \text{ (wyrażone w } ^\circ\text{C)} = T \text{ (wyrażone w K)} - 273,15$$

Po redefinicji relacja między kelwinem a stopniem Celsjusza będzie zachowana.

## Zakresy spotykanych temperatur

Najniższa temperatura zmierzona na Ziemi (Antarktyka)	-89,2 °C
Punkt krzepnięcia rtęci	-38,8 °C
Punkt zamarzania wody (na wysokości poziomu morza)	0 °C
Temperatura powierzchni Ziemi (średnio roczna w 1978 r.)	14,1 °C
Temperatura powierzchni Ziemi (średnio roczna w 2017 r.)	14,9 °C
Najwyższa temperatura zmierzona na Ziemi (Furnace Creek, USA)	56,7 °C
Punkt wrzenia wody (na wysokości poziomu morza)	100 °C (dokładnie 99,974 °C)
Roztopiona stal	około 1 600 °C
Powierzchnia Słońca	około 5 500 °C
Jądro Ziemi (szacowana)	około 7 000 °C
Jądro Słońca (szacowana)	około 15 milionów °C



Czy wiesz, że temperatura wrzenia wody zależy od ciśnienia, np. od ciśnienia atmosferycznego?  
Ciśnienie atmosferyczne natomiast maleje wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza.  
Jeśli przyjmemy, że ciśnienie na poziomie morza wynosi około 1013 hPa, to na wysokości 3000 metrów  
będzie ono wynosiło już tylko około 700 hPa. W takim ciśnieniu woda wrze w temperaturze wynoszącej  
tylko około 90 °C (363,15 K)!

**Po redefinicji kelwina, w górskim schronisku pytanie o to, czy wrzątek jest na pewno ciepły  
nadal będzie aktualne!**