

Kiedy chłód za oknem

Każdemu zdarza się marznąć o tej porze roku. Widziane okiem fizyka zjawisko, którego wtedy doświadczamy, polega na przepływie pewnego rodzaju energii od ciała „ciepłego” – naszego ciała! – do ciała „zimnego”, w tym przypadku naszego otoczenia. Jeżeli odczekamy dostatecznie długo, nie przeciwdziałając marznięciu, to zacznie ziszczać się reguła, która ma postać zasady fizycznej. Jeśli dwa układy oddzielone przegrodą nieprzepuszczalną dla materii, ale pozwalającą na przepływ energii, pozostawić na dostatecznie długi czas, to przepływ energii między tymi układami ustanie – układy będą w *równowadze termodynamicznej*.

Możemy zatem mówić o relacji pozostawiania w równowadze termodynamicznej. Fakt, że jest to relacja zwrotna, symetryczna i przechodnia, pozwala na określenie tzw. klas abstrakcji tej relacji, czyli zbiorów układów fizycznych pozostających w równowadze termodynamicznej. Wyróżnik takiej klasy abstrakcji możemy nazywać *temperaturą*.

Taka definicja temperatury jest jeszcze dalece niepraktyczna. Wiemy bowiem, że kiedy między ciałami o różnych temperaturach przepływa energia (niebędąca zresztą makroskopową energią mechaniczną, dlatego mamy dla niej specjalną nazwę – „ciepło”), to przepływ ten jest ukierunkowany. Dobrze byłoby więc wprowadzić skalę temperatury, która pozwalałaby na określenie tego kierunku, tzn. ciepło „płynęłoby” od ciała o wyższej temperaturze do ciała charakteryzującego się niższą temperaturą. Żądamy zatem, aby temperaturę dało się wyrazić w taki sam sposób jak długość. Kiedy mówimy, że samochód ma długość pięciu metrów, podajemy wielkość liczbową wraz z jednostką. Chcielibyśmy mieć taką możliwość także w przypadku temperatury.

Systematyczne omówienie sposobu na określenie skali temperatury nie zmieściłoby się w tym numerze *Delty*. Możemy jednak podać główne pomysły, które to umożliwiają.

Punktem wyjścia jest tzw. silnik cieplny, czyli urządzenie stykające się z dwoma bardzo dużymi układami fizycznymi, które nie zmieniają swojej temperatury. Silnik taki pobiera pewne ciepło Q_c z jednego układu (zwanego grzejnikiem) i zamienia je na pewną użyteczną pracę mechaniczną W , a pozostałą ilość ciepła Q_z oddaje do drugiego układu (zwanego chłodnicą). Możemy określić *sprawność* takiego silnika jako stosunek pracy użytecznej do pobranego ciepła:

$$(1) \quad \eta = \frac{W}{Q_c} = 1 - \frac{Q_z}{Q_c}.$$

W drugiej z tych równości skorzystaliśmy z zasady zachowania energii, która przecież nie może ginać w takim silniku. Z drugiej zasady termodynamiki płynnie wniosek, zwany twierdzeniem Carnota, że wszystkie silniki cieplne, w których zachodzą procesy odwracalne, mają tę samą sprawność. Nietrudne, ale nieco żmudne rozważania prowadzą do wniosku, że zależność (1) można zapisać jako:

$$(2) \quad \eta = 1 - \frac{T_z}{T_c},$$

gdzie T_c i T_z są temperaturami, odpowiednio, grzejnika i chłodnicy. Stosunek temperatur został zatem powiązany z wielkościami potencjalnie mierzalnymi – choć w schemacie wyidealizowanym, to jednak możliwym do zrealizowania w praktyce z rozsądnym przybliżeniem.

Aby wprowadzić skalę temperatury, musimy teraz tylko określić jedną temperaturę odniesienia, a wszystkie pozostałe odczytamy z relacji (2). To rozumowanie, zaproponowane w 1848 roku przez Williama Thomsona (lorda Kelvina), zostało w 1954 roku usankcjonowane przez Generalną Konferencję Miar i Wag, która zdecydowała, że temperatura punktu potrójnego wody (stanu, w którym współistnieją fazy stała, ciekła i gazowa) wynosi 273,16 K, gdzie K jest jednostką temperatury noszącą miano kelwina. Trzy lata temu to samo zgromadzenie wywróciło definicję do góry nogami i, choć we wszystkich praktycznych zastosowaniach wartości liczbowe pozostały niezmienione, to teraz punkt odniesienia definiowany jest zupełnie inaczej. To jednak jest temat na zupełnie inną – długą! – opowieść.

Kiedy zatem w jesienny czy zimowy poranek psioczymy z cicha, widząc wskazania termometru, możemy się choć trochę pocieszać, myśląc o tym, że za działaniem tego urządzenia stoi kawałek fascynującej fizyki i pouczającej historii.

Krzysztof TURZYŃSKI