



Czy zimna woda zamarza szybciej niż gorąca? Odpowiedź wydaje się oczywista. Dlatego zaskoczyło mnie, gdy w jednym z zeszytów numerów Scientific American natknąłem się na artykuł Jearla Walkera opisujący doświadczenia wykazujące wbrew intuicji, że to właśnie gorąca woda zamarza prędzej niż zimna. Okazuje się zresztą, że w krajach o zimnym klimacie ludzie wiedzą o tym. Poidełka dla ptaków napelnia się zimną wodą, chłodną wodą myje się samochody, uważając, zresztą jak się okazuje słusznie, że opóźni to jej zamarzanie. Zagadnieniem tym nikt się poważniej nie interesował, dopóki student Wyższej Szkoły w Tanzanii, Erasto Mpemba, nie odkrył ponownie tego zjawiska i nie opublikował wyników. Publikacja wywołała sporo rozgłosu. Jedni twierdzili, że efekt jest dobrze znany, inni, że obserwacja jest błędna. Oryginalna obserwacja była dziełem przypadku. Studenci mieli za zadanie zbadanie technologii produkcji lodów. Należało ogrzać mleko, zmieszać z cukrem, ostudzić mieszaninę do temperatury pokojowej i wstawić do zamrażalnika. Pewnego dnia Mpemba i jego kolega wstawili swoje mieszanki równocześnie do zamrażalnika, ale spiesząc się nie trzymali się instrukcji. Mpemba nie ostudził mieszaniny, a kolega w ogóle nie podgrzał mleka. Ku ich zdumieniu lody Mpemby były gotowe znacznie wcześniej.

Jak wytłumaczyć zjawisko? Początkowo uważano, że gorące naczynie rozpuszcza warstwę szronu w zamrażalniku i w ten sposób tworzy się ze ściankami lepszy kontakt termiczny. Zjawisko można jednak również zaobserwować, jeżeli oba naczynia są na podkładce izolującej, na przykład z korka.

Inne uświadczania wyjaśnienia zjawiska próbują uwzględnić następujące czynniki: Cyrkulacja płynu w gorącym pojemniku jest lepsza niż w zimnym. W zimnej wodzie jest więcej rozpuszczonego powietrza niż w gorącej, co opóźnia zamarzanie. Gorąca woda szybciej paruje niż zimna, a więc w efekcie trzeba więcej zamrozić zimnej wody niż gorącej. Nie znalazłem w literaturze rozwiązania problemu, który lub które z czynników są odpowiedzialne za obserwowane zjawisko. Proponujemy przeprowadzenie samodzielnych badań. Problem wbrew pozorom nie jest prosty. Nie wiemy na pewno, jaki jest mechanizm zjawiska, nie możemy podać dlatego szczegółowej instrukcji, jak postępować i wpływ jakich czynników będzie najistotniejszy. Możemy jedynie zwrócić uwagę na pewne zagadnienia metodologiczne.

1) Należy zastanowić się, jak najprościej zjawisko to zaobserwować i ocenić ilościowo. Proponujemy taką serię pomiarów, aby w ustalonych zewnętrznych warunkach wyznaczyć czas stygnięcia do temperatury  $0^{\circ}\text{C}$  w zależności od początkowej temperatury wody. Można to przeprowadzić albo w zamrażalniku lodówki, albo korzystając z mroźnej pogody na wolnym powietrzu. W tym ostatnim przypadku należy wystawić równocześnie całą serię identycznych naczyń z różną temperaturą początkową wody, ponieważ warunki zewnętrzne zmieniają się w niekontrolowany sposób. Rysunek pokazuje przykładowo zależność czasu stygnięcia od temperatury początkowej dla jednej serii pomiarów wykonanych przez Jearla Walkera.

2) Warunki przeprowadzania eksperymentu powinny być tak dobrane, aby wyniki były powtarzalne. Przy doświadczeniach na wolnym powietrzu należy osłonić naczynia od wiatru, zasłonić przed Słońcem i dla każdej serii pomiarów notować temperaturę powietrza.

3) Osobny problem stanowi sposób wyznaczania temperatury. Można by tu zastosować termoparę i odczytywać temperaturę wody w sposób ciągły, bo korzystanie z termometru wymaga częstego zaglądania do zamrażalnika, co nie jest wskazane. A może wynajdziecie inny sposób sygnalizacji, że woda pokrywa się lodem?

4) Przebieg zjawiska może zależeć od wielu zewnętrznych czynników, jak masa wody, kształt naczynia, materiał, z którego jest zrobione, ilość rozpuszczonego gazu, szybkość parowania, cyrkulacja cieczy. Doświadczenie należy tak przeprowadzać, aby kontrolować wpływ tych czynników.

Nie dajemy zresztą żadnej szczegółowej instrukcji. Nie proponujemy bowiem doświadczenia szkolnego, a rzeczywistą pracę badawczą. Należy tak dobrać warunki doświadczenia, aby odpowiedzieć możliwie precyzyjnie na co najmniej dwa pytania:

a) Czy i w jakich warunkach obserwuje się omawiane zjawisko?

b) Jak najprościej wytłumaczyć obserwowany efekt?

Czekamy na listy. Najciekawsze wyniki opublikujemy. Nie oferujemy żadnej nagrody — nie jest to konkurs. Praca naukowa nie może być robiona dla nagrody, bo najwyższą nagrodą jest satysfakcja z poznania czegoś nowego.