

## Fizyka prachłodziarek

Przez większą część historii ludzkości pożywienie było dobrem trudno dostępnym. Słodkie i dojrzałe owoce pojawiały się okresowo, a trzeba było o nie konkurować z innymi organizmami. Wiele zwierząt dostarczało cennego białka, ale białko owo miało tendencje do uciekania i trzeba się było za nim nabiegać. Co gorsza, raz pozyskane jedzenie zaczynało się bardzo szybko psuć i niełatwym zadaniem było jego konserwowanie, tak by mogło ono starczyć na dłużej, pomagając przeczekać okresy niedostatku.

Jednym ze sposobów zwiększenia trwałości jedzenia jest przechowywanie go w niskiej temperaturze. Chociaż pomysły wykorzystania praw fizyki do kontrolowanego obniżania temperatury w specjalnych maszynach pojawiły się już w połowie XVIII wieku, dopiero od stu lat możemy cieszyć się masowo produkowanymi chłodziarkami. Ich upowszechnienie w krajach rozwiniętych sprawiło, że wiele produktów łatwo psujących się lub sezonowych może trafiać na nasze stoły – i to w dowolnej porze roku. Niestety, zerowa zasada termodynamiki mówi, że układ fizyczny pozostawiony sam sobie dąży do wyrównania temperatury z otoczeniem, utrzymywanie niskich temperatur wymaga więc zużywania energii. Szacuje się, że w chwili obecnej konsumpcja energii wykorzystywanej do chłodzenia żywności przeliczona na głowę mieszkańca globu wynosi około 0,5 kWh dziennie.

W dawnych wiekach utrzymywanie jedzenia w niskich temperaturach wymagało innych pomysłów. Jednym z praprzodków dzisiejszych chłodziarek był układ dwóch glinianych garnków o różnych średnicach, włożonych jeden w drugi tak, że zostawało pomiędzy nimi nieco miejsca, które było wypełniane mokrym piaskiem. W typowych sytuacjach, przy temperaturze zewnętrznej rzędu 20°C i niskiej wilgotności powietrza, we wnętrzu mniejszego naczynia może panować miły chłodek około 10°C. Nieco prostszy wariant tego urządzenia można zobaczyć podczas niektórych przyjęć na świeżym powietrzu w gorące dni, gdy gospodarz owija butelkę wina mokrym ręcznikiem, a woda, parując z ręcznika, pobiera ciepło, zapewniając trunkowi zalecaną przez enologów cieplotę.

Chociaż układ fizyczny nie jest bardzo skomplikowany, a wszystkie niezbędne do opisu naszej prachłodziarki równania są od dawna znane, to dopiero w 2017 roku Oleh Luniachek, Ruslan Timchenko i Oleksiy Golubov opublikowali rozwiązanie prostego modelu fizycznego pozwalającego na ilościową analizę temperatury wewnątrz rozważanego układu w zależności od warunków zewnętrznych. Kto z poważnych fizyków wspinających się po szczeblach kariery akademickiej ma czas na takie zabawy? Pewnie nikt, ale panowie, będący studentami Uniwersytetu Narodowego im. Karazina w Charkowie, być może o tym jeszcze nie wiedzieli...

Model jest bardzo prosty. Już Newton wiedział, że ilość ciepła przenikającego przez warstwę, po której dwóch stronach występują różne temperatury, jest wprost proporcjonalna do różnicy tych temperatur i odwrotnie proporcjonalna do grubości warstwy. Inne prawo fizyczne, noszące nazwisko Adolfa Ficka i opisujące dyfuzję molekularną, pozwala na powiązanie tej samej wielkości z gęstościami pary nasyconej wody w powietrzu i wilgotnością po obu stronach rozważanej warstwy. Studenci nie wiedzieli, jaka jest zależność funkcyjna tej gęstości od temperatury, więc wymyślili parametryzację zgodną z danymi, a stąd byli już w stanie wyznaczać temperaturę po jednej stronie warstwy, jeśli wiadomo, jaka panuje po drugiej stronie.

Prawdziwa prachłodziarka jest bardziej skomplikowana, ma bowiem, licząc od wewnątrz, warstwę gliny, czyli ściankę wewnętrznego naczynia, warstwę mokrego piasku, kolejną warstwę gliny i wreszcie cienką warstwę powietrza otulającego całe naczynie, ale skoro umiemy rozwiązać jedną warstwę, to cztery kolejne także. W rezultacie można wyznaczyć szukaną temperaturę wewnętrzną. Seria eksperymentów przeprowadzonych przez studentów przyniosła rezultaty zgodne z modelem teoretycznym.

Praca, o której mowa, została opublikowana w czasopiśmie *Emergent Scientist* wydawanym pod patronatem Francuskiego Towarzystwa Fizycznego i Francuskiej Akademii Nauk. Prace nadsyłane do tego czasopisma są recenzowane przez zawodowych naukowców, nie muszą jednak wpisywać się w dyskusje głównego nurtu nauki poszerzające granice ludzkiej wiedzy. Redaktorzy *Emergent Scientist* zdają sobie bowiem sprawę z istnienia wielu „codziennych” problemów fizycznych, których rozwiązanie jest doskonałym ćwiczeniem dla studentów, a opublikowanie takich rozwiązań stanowi świetny i przystępny materiał źródłowy, pokazujący jak działa metoda naukowa.

Krzysztof TURZYŃSKI