

Nasze codzienne życie związane jest z nieustanną obserwacją zjawisk fizycznych. I choć może nie zawsze zdajemy sobie z tego sprawę, to nasza intuicja w głównej mierze jest wykreowana dzięki obserwowaniu świata zewnętrznego, w którym nieustannie coś się dzieje. Każdy z nas ma w sobie jakoś zakodowaną chęć poznawania rzeczy nowych i wykonywania pouczających doświadczeń. Świadczy o tym doskonale choćby zachowanie małych dzieci, które z każdym dniem poznają nowe tajemnice otaczające-



Tomasz Sowiński w 2005 roku skończył z wyróżnieniem studia na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w zakresie fizyki teoretycznej. Obecnie jest asystentem w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN. Z zamiłowania zajmuje się populary-

zacja nauki. W roku 2005 był nominowany do nagrody w konkursie Popularyzator Nauki organizowanym przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji oraz Polską Agencję Prasową.

Tomasz Sowiński

Dziecko z termometrem

TEKST TRUDNY

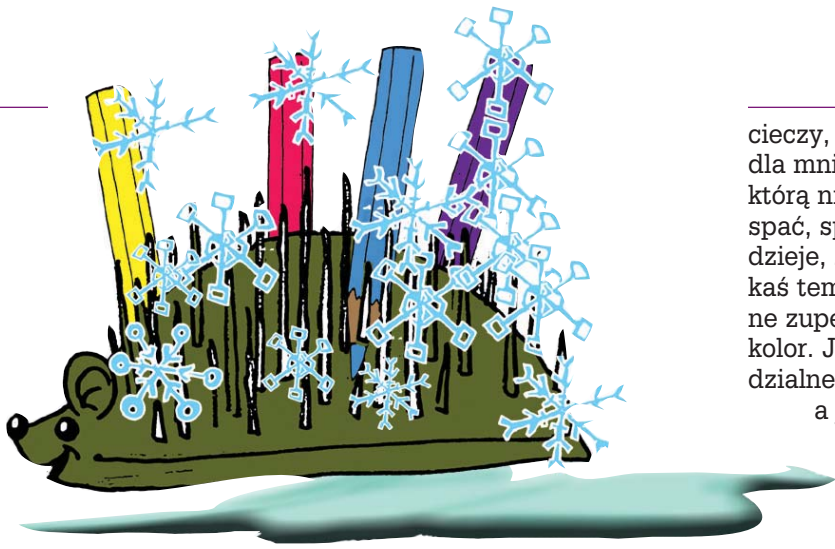
go świata. W ich oczach widać ogromne zaciekawienie wykonywaniem, wydawałoby się, nawet najbardziej trywialnych, eksperymentów. Kiedy dziecko bierze do ręki pierwszy raz grzechotkę i słyszy jej charakterystyczny dźwięk, nie może wyjść z podziwu, że ruszając rączką, można ułożyć „taką sympatyczną” muzyczkę. Jakże wielkim zdziwieniem jest dla niego, gdy pierwszy raz ową grzechotkę upuści na ziemię i za żadne skarby nie chce ona wrócić do jego ręki. Niezbędna jest wtedy pomoc rodzica. Z dnia na dzień dziecko, a później dorosły człowiek, coraz lepiej rozumie, że każde konkretne działanie jest przyczyną jakiegoś konkretnego zdarzenia. To pozwala mu budo-

wać w głowie abstrakcyjny model rzeczywistości, dzięki któremu szybko uczy się przewidywać konsekwencje różnych swoich działań. W pewnym momencie rozwoju samo obserwowanie różnych zjawisk przestaje być jednak interesujące i w głowie zaczyna kielkować pytanie: **dlaczego?** Dlaczego jest tak, że jak ruszam ręką, to grzechotka wydaje dźwięki? Dlaczego upuszczona grzechotka nie chce wrócić do ręki? Dlaczego...? Dlaczego...? Gdy człowiek zaczyna zadawać takie właśnie pytania, czyli mniej więcej w wieku 3–4 lat, staje się **fizykiem**. U przeważającej większości ludzi ten etap rozwoju jednak w pewnym momencie się kończy i tym samym przestają oni być fizykami. U nielicznych, takich jak ja czy ty, młody Czytelniku, poszukiwanie odpowiedzi na pytania zaczynające się od skromnego „dlaczego” staje się pasją na całe życie.

MOJE ULUBIONE PYTANIE

Każdy z nas fizyków ma swoje ulubione pytanie, na które poszukuje odpowiedzi w każdej wolnej chwili. I choć początkowo wydaje nam się, że odpowiedź na nie szybko uda nam się znaleźć, okazują się zagadką na całe dziesiątki lat. Moje pytanie narodziło się w mojej głowie w pierwsze Boże Narodzenie, które pamiętam. Była wtedy bardzo sroga zima i nieustannie padał śnieg. Tak jak każde dziecko uwielbiałem różnego rodzaju zabawy na śniegu, ale jedna rzecz mnie w śniegu zawsze denerwowała – to że nie można go sobie, choćby troszkę, wziąć do domu. Ileż ja wykonałem w swoim dzieciństwie różnych prób przechowania śniegu w domu pod swoim łóżkiem. Próbowałem go trzymać w szklance, w garnku, na papierze, na styropianie, na języku do kredek, a nawet





pod kołdrą. Zawsze jednak, wcześniej czy później, kończyło się tak samo – małą lub dużą kałużą na podłodze. I choć dorośli wielokrotnie mi tłumaczyli, że śniegu nie można utrzymać w domu, „bo jest za wysoka temperatura”, to ja nie dawałem za wygraną. Nie mogłem uwierzyć, że jakaś tam „temperatura” będzie mi mówiła, co można, a co jest niemożliwe. Tym bardziej że nikt z dorosłych nie potrafił mi do końca wytłumaczyć czym jest owa „temperatura”. Powszechnie panowało jedynie przekonanie, że jak jest zbyt niska, to można zachorować, a jak zbyt wysoka, to się oparzyć. No i że zdrowy człowiek to ma tej temperatury trzydzieści sześć i sześć stopni jakiegoś tam Celsjusza. Ale czym ona tak naprawdę jest, stało się jednym z pytań, przez które do dziś pozostałem fizykiem.

POMIAR TEMPERATURY

Powszechną wiedzą jest fakt, że temperaturę mierzy się urządzeniem zwanym **termometrem**. Najczęściej spotykane termometry wykonane są z papierowej skali i przyczepionej do niej szklanej rurki, która wypełniona jest zabarwionym alkoholem (kiedyś wypełniało się je rtęcią). Termometr to takie cwane urządzenie, w którym po przyłożeniu do dowolnego ciała poziom cieczy wypełniającej rurkę sam ustala się na konkretnej wysokości. Odczytując odpowiednią liczbę na skali, do której przyczepiona jest rurka, mówimy, że dokonaliśmy pomiaru temperatury.

W procesie pomiaru temperatury niewątpliwie jest coś tajemniczego.



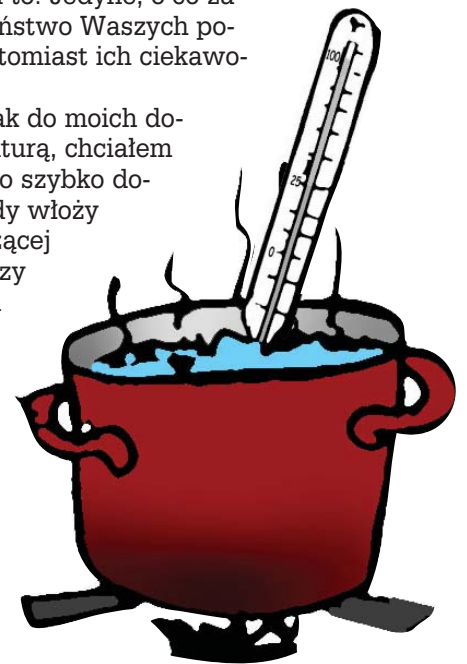
Oto, po przyłożeniu termometru, ciecz zaczyna zmieniać swój poziom, tak jakby stawało się jej więcej albo mniej. Gdyby tego było mało – ustala się ona na konkretnym poziomie, co oznacza, że nie jest to zupełnie przypadkowy proces, ale coś „mówi” tej

cieczy, gdzie ma się ustawić. No i rzecz, która była dla mnie zawsze największym zaskoczeniem i przez którą niejedną noc w swoim dzieciństwie, zamiast spać, spędziłem na rozmyślaniu. Jak to do licha się dzieje, że każde, ale to absolutnie każde, ciało ma jakąś temperaturę? Przecież każde ciało jest zbudowane zupełnie inaczej, ma inne parametry fizyczne, inny kolor. Jedne, jak kawałek stołu czy ubrania, są widzialne, inne, jak woda czy szkło, są przezroczyste, a jeszcze inne jak powietrze są zupełnie niewidzialne. **Ale każde z nich ma temperaturę!** I niezależnie od tego, czym jest to ciało, to temperaturę zawsze można zmierzyć tym samym termometrem. Oczywiście o ile termometr ten ma na skali taką liczbę, która będzie pasowała do temperatury, jaką ma dane ciało.

MOJE PRZYGDY Z TEMPERATURĄ

Chcąc lepiej zrozumieć, czym jest temperatura, zacząłem ją mierzyć dla różnych ciał. Muszę przy tym przyznać, że dużą rolę w tym moim eksperymentowaniu odegrał mój tata, który zawsze dysponował dużą kolekcją odpowiednich termometrów i umiał zaproponować odpowiednie doświadczenie. Zaslugą mamy było natomiast przymrużone oko, które pozwalało nam się „bawić” w eksperymenty. W tym miejscu chciałbym zaapelować do wszystkich rodziców: jeśli Wasze dziecko chce zrobić jakiś eksperyment, który wydaje Wam się nawet bardzo głupi – proszę! Pozwólcie mu na to! Jedyne, o co za dbajcie, to bezpieczeństwo Waszych pociech. Nie tłumcie natomiast ich ciekawości świata.

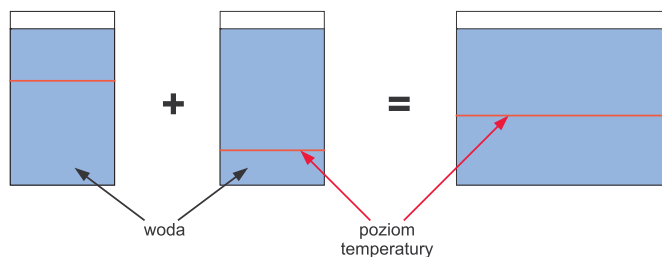
Wracając jednak do moich doświadczeń z temperaturą, chciałem powiedzieć, że bardzo szybko dowiedziałem się, że gdy włoży się termometr do wrzącej wody, to poziom cieczy w termometrze ustali się na poziomie stu stopni Celsjusza. Gdy natomiast będzie on zanurzony w wodzie, w której od dłuższego czasu (powiedzmy 30 min) zanurzone są kostki lodu, to termometr będzie wskazywał tajemnicze ZERO.



DZIECIĘCA DEFINICJA TEMPERATURY

Pierwszą próbę wytłumaczenia, czym jest temperatura, podjąłem po eksperymencie polegającym na mieszaniu wody o różnej temperaturze. Jeśli zmieszamy ze sobą jedną szklankę wody o temperaturze 100°C (fizycy używają symbolu ° zastępując słowo „stopni”, aby krócej się pisało) i jedną szklankę wody o temperaturze 0°C, to otrzymana mieszanina będzie miała temperaturę ok. 50°C – czyli dokładnie w poło-

wie między nimi. Jeśli zmieszamy natomiast trzy szklanki pierwszej z jedną drugiej, to temperatura mieszaniny wzrośnie do 75°C. Moja dziecięca fantazja sprawiła, że postawiłem następującą hipotezę: temperatura to taka magiczna ciecz znajdująca się w wodzie, która przepływa z jednej części wody do drugiej tak, aby jej poziom się wyrównał. Graficznie wyobrażałem to sobie następująco:



Rzeczywiście taka hipoteza dobrze tłumaczy wynik wspomnianego eksperymentu. W każdej szklance gorącej wody jest wyższy poziom owej magicznej substancji niż w każdej szklance zimnej. Tym samym po ich zmieszanii woda będzie miała temperaturę pośrednią – dokładnie taką, jaka wynika z proporcji mieszania wody o różnych temperaturach. Byłem bardzo dumny ze swojego odkrycia.



Szybko doszedłem do wniosku, że muszę swoje prawo troszkę zmodyfikować, a to ze względu na fakt, że różne ciała w różnym tempie „oddają” swoją temperaturę. Otóż po zmieszanii szklanki wody o temperaturze 20°C ze szklanką zimnego oleju z lodówki o temperaturze 4°C, otrzymana mieszanina nie miała wcale temperatury 12°C, jak by wskazywały wcześniejsze eksperymenty. Temperatura była nieco wyższa (ok. 17°C), co wskazywało na to, że tej magicznej substancji jest więcej w wodzie niż w oleju o tej samej temperaturze. Z dziecinną wręcz pasją nazwałem tę magiczną substancję „grzejnością”, a moje

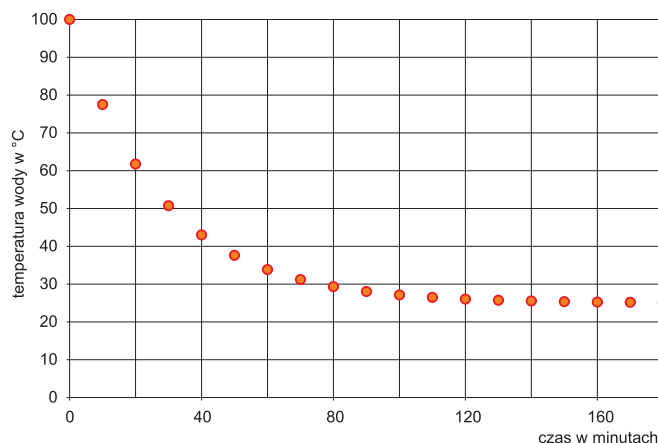


własne prawo fizyki od tej pory brzmiało tak: „Grzejność to taka magiczna substancja, która przepływa pomiędzy substancjami tak, aby jej poziom się wyrównał. Dana substancja ma tym więcej grzejności w sobie, im większą ma temperaturę”.

Miałem swoją hipotezę, która dla mnie miała rangę prawdziwego prawa fizyki. Jednak, jak to zawsze bywa z rewolucyjnymi teoriami naukowymi, natknęła ona duży opór mojego „środowiska naukowego”, czyli moich rodziców. Mojemu tacie szybko udało się znaleźć dziurę w moim naukowym prawie. Zrobił to jednak na tyle sprytnie, że nie zniszczył mojej fascynacji grzejnością i temperaturą, ale wręcz przeciwnie – bardzo ją rozbudził.

KONTRDOŚWIADCZENIE

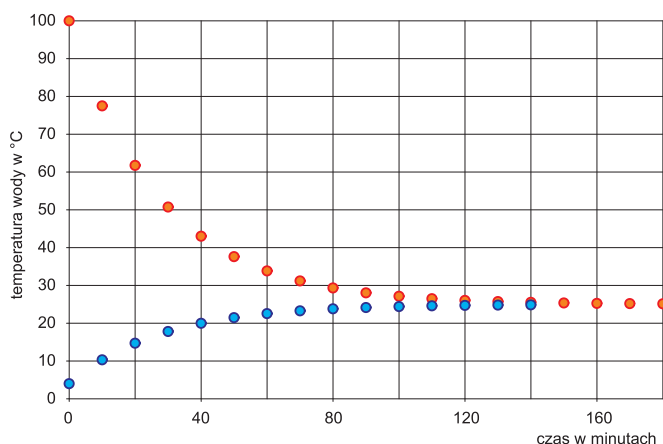
Doświadczenie, które zostało mi zademonstrowane, było bardzo proste. Wodę gotujemy, aż zacznie wrzeć. Następnie zdejmujemy ją z palnika i odstawiamy na bok w spokoju. Wkładamy do niej termometr i mierzymy jej temperaturę dokładnie co 10 minut. Następnie, po kilku godzinach obserwacji, wynik наносimy na wykres zależności temperatury od czasu. Oczywiście wielki naukowiec (czyli ja, Tomek, lat 7), wszystkie odczyty robiłem samodzielnie i samodzielnie rysowałem też wykres. To co otrzymałem, wyglądało mniej więcej tak:



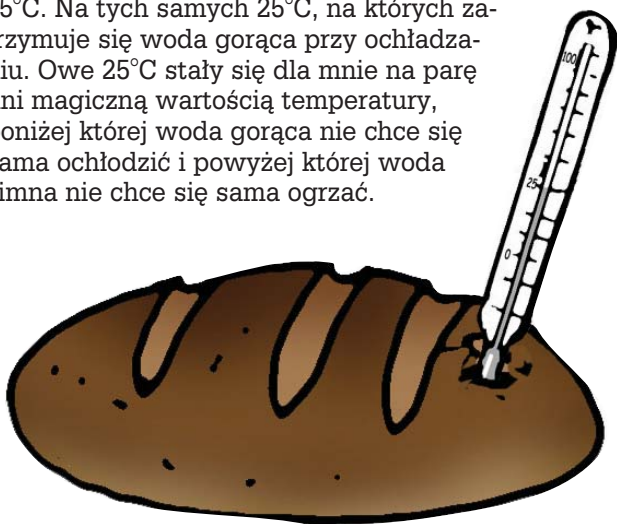
Z otrzymanego wykresu wynika bez żadnych wątpliwości, że temperatura wody spada w miarę upływu czasu. Spada zatem również ilość zawartej w niej grzejności. Dodatkowo dzieje się to w sposób dość dziwny. Najpierw woda stygnie dość gwałtownie, a później coraz wolniej i wolniej. Aż w pewnym momencie można uznać, że temperatura wody już zupełnie się nie zmienia. Pytanie jest więc oczywiste: jak wytłumaczyć takie zachowanie temperatury wody moją „doskonałą” hipotezą o grzejności?

Nie muszę chyba nikomu tłumaczyć, że po przeprowadzeniu tego eksperymentu nie miałem za ciekawej miny. Wtedy zrozumiałem, że moja hipoteza o tym, że temperatura jest magiczną cieczą,

musi zostać poważnie zrewidowana. Jak bowiem można wytłumaczyć to, że znika ona jakoś z zagotowanej wody i to w taki dziwny niejednostajny sposób i zatrzymuje się na pewnej wartości ok. 25°C. Aby bardziej zachęcić mnie do myślenia, tata zaproponował mi powtórzenie tego samego eksperymentu, ale dla wody, która uprzednio całą noc stała w lodówce. Z wielkim zaciekawieniem stwierdziłem, że woda wyciągnięta z lodówki ma temperaturę ok. 4°C. Wyniki pomiarów temperatury tej wody również wykonywałem co 10 minut, a wynik umieściłem na tym samym wykresie. To, co otrzymałem, wyglądało teraz tak:



Wykres, który otrzymałem, był dla mnie wielkim przeżyciem. Wynikało z niego wprost, że woda wyciągnięta z lodówki ogrzewa się w sposób niejednostajny i jej temperatura zatrzymuje się na 25°C. Na tych samych 25°C, na których zatrzymuje się woda gorąca przy ochładzaniu. Owe 25°C stały się dla mnie na parę dni magiczną wartością temperatury, poniżej której woda gorąca nie chce się sama ochłodzić i powyżej której woda zimna nie chce się sama ogrzać.



Pierwszy pomysł na wyjaśnienie tego zadziwiającego zjawiska był dla mnie dość oczywisty: woda zawsze dąży do uzyskania temperatury 25°C. I to dąży tym szybciej, im dalej od tej temperatury się znajduje. Ale dlaczego? Co jest takiego w tej wodzie, że chce ona mieć za wszelką cenę taką temperaturę? Na rozwiązanie tego problemu znów musiałem poświęcić kilka nieprzespanych nocy. Tym bardziej że miałem niemal pewność, obserwując uśmiech mojego taty, że on zna odpowiedź na to pytanie. Na nic jednak były moje próby o wyjaśnienie. Widząc moje zaangażowanie, wiedział, że nie pozostawię tego pytania bez odpowiedzi. Miał też w sobie przekonanie, że gdy odpowiedź znajdę sam, to będę miał z tego dużą większą radość.

EUREKA!

Podobnie jak odkrycia wielkich naukowców, trop prowadzący do rozwiązania mojej zagadki pojawił się przypadkowo.

Przynajmniej tak mi się wtedy wydawało. Gdy pewnego dnia rano mama wzięła mnie z pokoju i prowadziła do łazienki, spojrzałem na termometr wiszący na ścianie. Jakim wielkim i zarazem miłym zaskoczeniem było dla mnie, że wskazuje on temperaturę 25°C. Tak! Wskazywał on dokładnie tę samą wartość, którą każda woda (zarówno ciepła, jak i zimna) chciała tak bardzo osiągnąć. Krótko mówiąc, była to ta sama temperatura, jaką miało powietrze w naszym mieszkaniu. W tym momencie całkowicie zrozumiałem, jakie jest rozwiązanie mojego naukowego problemu. Dla pewności zmierzyłem jeszcze temperaturę w butach w przedpokoju, temperaturę ziemi w doniczce z kwiatkiem oraz temperaturę wody z kiszonych ogórków stojących od kilku dni w kuchni. Każda z nich wynosiła dokładnie 25°C. Wszystkie ciała, które dostatecznie długo stały zupełnie swobodnie, miały tę właśnie temperaturę. Wszystkie inne – cieplejsze i zimniejsze – spontanicznie dążyły do uzyskania tej temperatury. A moja hipoteza brzmiała następująco:

„Temperatura jest pewną miarą ilości grzejności zawartego w danym ciele. Grzejność jest natomiast taką magiczną cieczą, która przepływa pomiędzy ciałami w taki sposób, aby ich temperatura się wyrównała. Im większa jest różnica pomiędzy temperaturami, tym grzejność pomiędzy ciałami przepływa szybciej, a gdy ciała mają tę samą temperaturę, to grzejność pomiędzy nimi nie przepływa”.

W taki właśnie sposób powstało pierwsze oficjalne prawo mojej dziecinnej fizyki. ●

Od autora

Miłym zaskoczeniem było dla mnie, gdy w liceum dowiedziałem się, że:

- to, co nazywałem w dzieciństwie grzejnością, w fizyce nazywa się ciepłem;
- magiczną substancją, którą utożsamiałem w swoim dzieciństwie z grzejnością, do końca XIX wieku nazywano flogistonem. Było to, zanim ludzkość zrozumiała, czym jest ciepło;
- doświadczalną obserwacją, że prędkość przepływu ciepła pomiędzy ciałami jest proporcjonalna do różnicy temperatur tych ciał historycznie nazywa się prawem Newtona, gdyż to właśnie sir Isaac Newton jako pierwszy je odkrył i ilościowo opisał;
- spostrzeżenie, że pomiędzy ciałami, które mają tę samą temperaturę, nie ma spontanicznego przepływu ciepła, nazywa się w fizyce zerową zasadą termodynamiki.

