



## Cuda w szklance herbaty

*Tony Phillips, tłumaczył Jacek Bieroń*

Lubisz herbatę z miodem? Jeżeli tak, to czy obserwowałeś kiedyś, w jaki sposób zachowuje się miód, gdy wlewa się go cienką stróżką do szklanki z herbatą? Początkowo prosta, stróżka rozszczepia się, skręca w wijące się nici, tworzy wirujące pierścienie. Ten hipnotyzujący spektakl trwa ułamek sekundy, po czym miód opada i rozlewa się na dnie. Grawitacja jest nieubłagana.



Miód i woda w kuchni autora

Potrzebna byłaby kuchnia w przestrzeni kosmicznej. Gdy grawitacja nie ściąga wszystkiego bezlitośnie w dół, pierścienie miodu mogą wirować w wodzie przez całe godziny, tworząc... nikt nie wie jakie struktury.

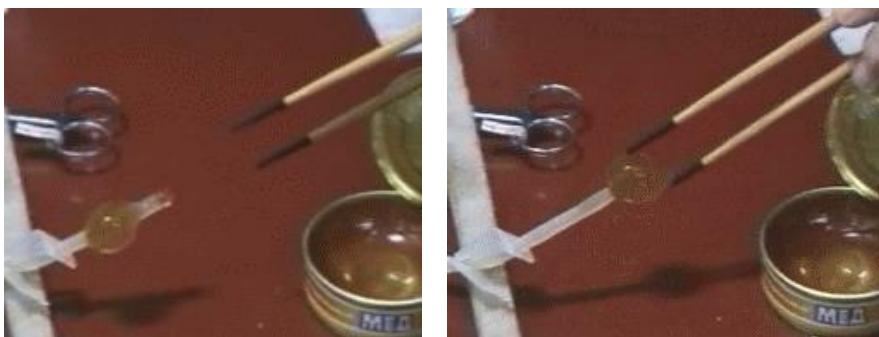
„Mieszanie cieczy w warunkach nieważkości nie jest zbyt dobrze poznanym zjawiskiem”, tłumaczy profesor John Pojman z Uniwersytetu Południowego Missisipi. Tu, na Ziemi, dominuje grawitacja. Ciężkie ciecze idą na dno, lekkie unoszą się ku powierzchni; wszystko inne stanowi uboczny skutek tych dwóch podstawowych ruchów.

W przestrzeni kosmicznej siła grawitacji ustępuje innym, bardziej subtelnym oddziaływaniom. Siły międzycząsteczkowe mogą utrzymać ciecz w warstwach lub w bardziej skomplikowanych kształtach, które na Ziemi zostałyby rozerwane pod wpływem własnej wagi. Te delikatne struktury mogą istnieć bardzo długo, ponieważ unoszą się swobodnie, a nie spadają na podłogę lub na dno naczynia.

Bynajmniej nie oznacza to, że ciecze w stanie nieważkości są nieruchome. Przeciwnie, naukowcy sądzą, że w naczyniu zawierającym dwie różne ciecze, na przykład miód i wodę, mogą tworzyć się złożone, skomplikowane układy prądów.

„Niewielkie różnice proporcji lub wahania temperatury mogą wygenerować naprężenia, które z kolei spowodują pojawienie się konwekcji”, tłumaczy Pojman. Efekt ten, zwany „naprężeniem Kortewega”, nie jest obserwowalny na Ziemi, ponieważ niwelują go znacznie większe siły hydrostatycznego wyporu. W przestrzeni kosmicznej efekt Kortewega może jednak być obserwowalny.

Jak wygląda przerwa na herbatę w kosmosie? W 2003 roku astronauta Don Pettit sfilmował czynność picia herbaty na pokładzie Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS – International Space Station). Zamiast pić z kubka, Pettit użył pałeczek, przy użyciu których łapał w powietrzu krople cieczy wielkości winogron, uśmiechając się do kamery za każdym razem, gdy wkładał ładunek do ust. Pojman doskonale pamięta cały film: „Miałem ochotę natychmiast tam polecieć i spróbować samemu poeksperymentować”.



Don Pettit łapie kroplę herbaty na pokładzie Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (obok puszka z rosyjskim miodem)

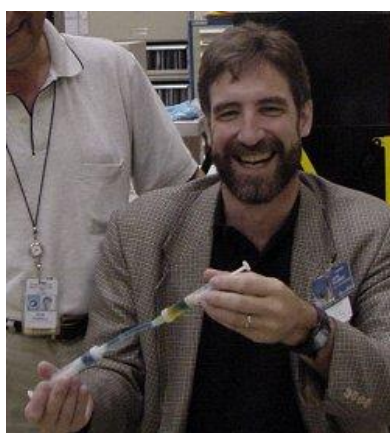
Zrozumienie praw rządzących zachowaniem cieczy, zarówno jednorodnych jak i mieszanin, jest istotne dla programu badania kosmosu, zwłaszcza teraz, gdy NASA planuje wysłanie ludzi na Księżyc i na Marsa.

„Będziemy musieli produkować różne rzeczy w przestrzeni”, tłumaczy Pojman, „a to oznacza, że będziemy mieć także do czynienia z cieczami w stanie nieważkości”. Jako przykład podaje plastik, z którego zbudowane są kabiny, osłony radiacyjne, pojazdy itp. Plastik powstaje zwykle przez połączenie różnych cieczy lub cieczy i proszków, a następnie podgrzanie mieszaniny. Jeżeli naprawiałeś lub kleiłeś coś klejem dwuskładnikowym, na przykład Poxipolem, masz to doświadczenie za sobą: żywica zmieszana z utwardzaczem tworzy lepką, plastyczną substancję.

Mieszanie cieczy jest także niezbędne w badaniach prowadzonych w stanie nieważkości na użytek medycyny, „a w szczególności wzrost kryształów białkowych w warunkach mikrogravitacji”, mówi Pojman. Czy pojawią się „prądy Kor-

tewega”, gdy dwie cieczki zostaną zmieszane? Czy cieczki ulegną równomiernemu rozpuszczeniu? Czy rozpadną się na oddzielne krople? Te szczegóły są bardzo istotne.

Pojman nie mógł osobiście wybrać się na Międzynarodową Stację Kosmiczną, aby szukać odpowiedzi na takie pytania, więc zaprojektował doświadczenie, które wykonali astronauta: Eksperyment z Mieszalnymi Cieczkami w Warunkach Mikrogravitacji (Miscible Fluids in Microgravity Experiment, w skrócie MFMG). „MFMG stanowi w istocie bardzo prosty eksperyment. Potrzebne są dwie strzykawki, rurka do picia, miód i woda. Wszystko to było pod ręką na pokładzie Stacji”, mówi Pojman.



John Pojman demonstruje prototyp eksperymentu MFMG. Obok stoi Bob Powell, ekspert NASA odpowiedzialny za procedury wykonywania eksperymentów w warunkach mikrogravitacji

Jedna strzykawka jest wypełniona miodem lub roztworem miodu i wody, w drugiej znajduje się czysta woda. Końcówki strzykawków są połączone krótką rurką (kawałkiem słomki). Gdy wszystko jest gotowe, astronauta delikatnie wstrzykuje porcję miodu do wody lub *vice versa*, a następnie filmuje procesy zachodzące wewnątrz strzykawki. W marcu 2003 Mike Foale wykonał taki eksperyment i przesłał obraz wideo na Ziemię.

„Od razu nauczyliśmy się czegoś nowego”, mówi Pojman. W teorii cieczy występuje pewna liczba, zwana „parametrem kwadratowego gradientu”, oznaczana zwykle literą  $k$ . Jest ona proporcjonalna do siły międzycząsteczkowego oddziaływania dla dwóch różnych cieczy, na przykład miodu i wody. „Zachowanie dwóch cieczy w warunkach mikrogravitacji zależy od  $k$ . Na Ziemi nie da się zmierzyć  $k$  dla pary mieszalnych cieczy, więc nie mamy pojęcia, jaka może być

wartość  $k$ . Wyłącznie na podstawie obserwacji filmu z eksperymentu MFMG możemy oszacować górną granicę –  $k$  musi być mniejsza od 8–10 newtonów”, dodaje Pojman.

Do tej konkluzji prowadzi następujące rozumowanie: gdyby  $k$  było znacznie większe niż 8–10 newtonów, porcje miodu wstrzykiwane do wody szybko przyjmowałyby kształt kuli. W rzeczywistości jednak pozostawały wydłużone, utrzymując kształt, jaki wymusiło na nich przejście przez dyszę strzykawki.



Miód wstrzyknięty do wody w trakcie eksperymentu MFMG na pokładzie Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, wykonanego w marcu 2003

Podobna procedura może zostać zastosowana do szacowania, a nawet mierzenia  $k$  dla wielu różnych par cieczy. Niektóre ciecze są bardziej istotne dla rozwoju kosmicznych programów badawczych niż miód. Pojman jest najbardziej zainteresowany monomerami i polimerami, które mogą znaleźć zastosowanie w rozwijaniu technologii produkcji w warunkach kosmicznych. Takie substancje mają prostszą strukturę wewnętrzną niż miód, dzięki czemu pomiary ich własności mogą być „czystsze”.

Jest jednak mało prawdopodobne, że którakolwiek z tych cieczy okaże się równie fascynująca jak miód. Któż może przewidzieć, jaka nowa fizyka kryje się w słodkich, wirujących pierścieniach i splecionych wstęgach? Pomyśl o tym następnym razem, gdy pijąc herbatę ... sięgniesz po miód.

Nota amerykańskiego wydawcy: kuchenny eksperyment, opisany na początku niniejszego artykułu, można w prosty sposób zrealizować za pomocą „niedźwiadka” – zakończonego dyszą plastikowego pojemnika z miodem, w kształcie niedźwidzia, dostępnego w sklepach spożywczych – wstawionego na ok. 30 sekund do kuchenki mikrofalowej. Lepkość podgrzanego miodu jest tylko trochę większa od lepkości wody, dzięki czemu miód wypływa bez trudności przez dyszę. Aby zaobserwować pierścienie oraz różne inne kształty, wstrzyknij delikatnie miód do szklanki wypełnionej zimną wodą.

Dr. Tony Phillips, Science@NASA