

Przykładem może być szeroki dwuczęściowy islandzki Gullfoss (widmo jego drgań przedstawia rys. 1), charakteryzujący się dwiema dominującymi częstotliwościami: 6 Hz i 40 Hz, odpowiadającymi dwu kaskadom o wysokościach 27 m i 7,5 m. Pierwsza z tych częstotliwości należy do kategorii infradźwięków, druga mieści się w zakresie akustycznym. Rysunek 2 przedstawia dane dotyczące szczegółowo zbadanych przez Rineharta wodospadów, a dokładniej, zależność częstotliwości drgań od odwrotności wysokości wodospadu.

Zależność tę w zadowalającym przybliżeniu można określić jako liniową. Nachylenie prostej z rysunku 2 jest równe 250 m/s, czyli około jednej czwartej prędkości dźwięku w wodzie. Największe odstępstwa od liniowości obserwuje się dla niskich wodospadów, co prawdopodobnie bierze się stąd, że w rzeczywistości strzałka powstaje poniżej górnej krawędzi wodospadu, a zatem względny błąd jest tym mniejszy, im wyższy jest wodospad. W przypadku wodospadu Gullfoss łatwo można sprawdzić, że jest akurat odwrotnie; zgodność z doświadczeniem jest dobra dla niższej kaskady, dla wyższej błąd wynosi około 50%...

Nieregularne tło szumów częściowo jest zjawiskiem zewnętrznym, częściowo zaś także efektem działania wodospadu. Na rysunku 1 widać, że jest ono podwyższone w obszarze niskich częstotliwości; jest to charakterystyczne szczególnie dla wysokich wodospadów. Przyczyny tego zjawiska należy upatrywać w fakcie, że spadek wody jest przepływem turbulentnym; strumień rozpada się na liczne wiry, których rozmiary rosną podczas spadania. Efektem turbulencji są dość nieregularne silne uderzenia dużych mas wody o podstawę wodospadu, generujące drgania o niskich częstotliwościach.

Krzysztof REJMER



## Zadania

Redaguje Krzysztof OLESZKIEWICZ

**M 744.** Podzielić koło na trzy części o równych polach, z których każda ma taki sam obwód, jak całe koło.

Rozwiązanie na str. 7

**M 745.** Stosując nierówność Younga (patrz artykuł Grzegorza Łukaszewicza „Wokół nierówności Younga” na str. 4) udowodnić, że dla wszystkich  $x, y \geq 0$  oraz dowolnej liczby naturalnej  $k$  mamy

$$(x + y)^k \leq 2^{k-1}(x^k + y^k).$$

Rozwiązanie na str. 7

**M 746.** Niech  $x_1 = 1995^{1995}$ . Dla  $n \geq 2$  definiujemy  $x_n = S(x_{n-1})$ , gdzie  $S(m)$  oznacza sumę wszystkich cyfr liczby naturalnej  $m$  (zapisanej w układzie dziesiętnym). Obliczyć  $x_5$ .

Rozwiązanie na str. 6

Redaguje Adam KOROCIŃSKI

**F 409.** Oszacować liczbę cząsteczek w atmosferze Ziemi. Dany jest promień Ziemi  $R = 6400$  km, masa molowa powietrza  $\mu = 0,029$  kg/mol i ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza  $p_0 = 1$  atm.

Rozwiązanie na str. 6

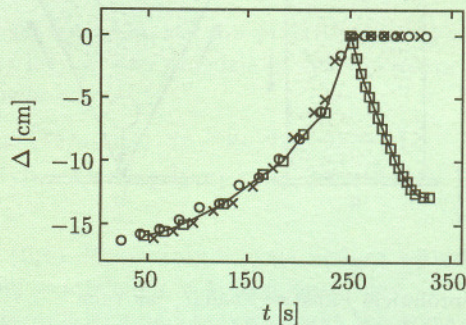
**F 410.** Do naczynia nalano pewną ilość czterochlorku węgla  $\text{CCl}_4$ , a następnie warstwę wody tak, by nie zmieszać obu substancji. Przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym woda wrze w temperaturze  $100^\circ\text{C}$ , a czterochlorek węgla w temperaturze  $76,7^\circ\text{C}$ . W trakcie powolnego ogrzewania naczynia na granicy rozdziału cieczy wrzenie rozpoczyna się w temperaturze  $65,5^\circ\text{C}$ . Wyjaśnić, dlaczego.

Rozwiązanie na str. 6

powierzchni, już tam pozostaje, bo nie może się włączyć w wąski strumień, jaki przy ścianie naczynia tworzą małe ziarna przemieszczające się ku dołowi. Jeśli natomiast do powierzchni dotrą małe ziarna, to nic nie stoi na przeszkodzie, by kontynuowały ruch ku ścianie naczynia, a następnie wzdłuż ścian w kierunku dna. Okazuje się, że w wibrującym z odpowiednią amplitudą cylindrze ruch konwekcyjny ziaren odbywa się regularnie środkiem naczynia, jak w fontannie, i bokami naczynia w dół, nawet wówczas, gdy wszystkie ziarna mają jednakową wielkość. Większe ziarna są jedynie porywane przez strumień małych ziaren wędrujących ku górze!

Co było przyczyną, że modele komputerowe potwierdzały wcześniejszą interpretację zjawiska segregacji ziaren? Aby to rozstrzygnąć, powtórzono poprzednie doświadczenie, ale dla cylindra o wypolerowanych ściankach. Okazało się, że wówczas ruch konwekcyjny jest wyraźnie utrudniony. Konwekcja może zachodzić dzięki oddziaływaniom kulek (ziaren) ze ściankami naczynia, a więc dzięki siłom tarcia. Tego oddziaływania nie uwzględniały modele komputerowe! Segregacja była w nich wynikiem zderzeń sąsiadujących ze sobą kulek o różnych rozmiarach.

Po stwierdzeniu faktu, że segregacja ziaren jest następstwem ruchu konwekcyjnego, ciekawa wydała się analiza samego zjawiska konwekcji. Powtórzono zatem doświadczenie zmieniając każdorazowo rozmiary większych kulek. Porównanie przebiegu ruchu konwekcyjnego przedstawia rysunek 2.



Rys. 2

Funkcja  $\Delta(t)$ , czyli odległość  $\Delta$  dużego ziarna od powierzchni naczynia w zależności od czasu, jest identyczna dla różnych rozmiarów ziaren aż do momentu, gdy osiągną one powierzchnię naczynia. Potem ziarna o rozmiarach 1,9 cm