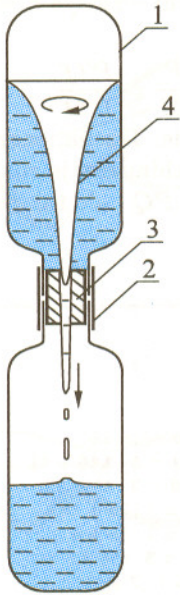


Obserwujemy wiry

Stanisław BEDNAREK

Wiry należą do bardzo efektownych i często występujących zjawisk fizycznych. Mogą one tworzyć się np. w strumieniu cieczy albo gazu płynącym z dostatecznie dużą prędkością lub napotykaającym przeszkody. Zapewne każdy widział wiry w rzece czy strumieniu, albo w wodzie spływającej z wanny. Wiry powstają także w powietrzu podczas jazdy samochodu, lotu samolotu czy pocisku, ale są one trudniejsze do obserwacji. Wytworzenie się wirów jest na ogół niekorzystne, ponieważ powoduje znaczne zwiększenie oporów towarzyszących przepływowi cieczy lub ruchowi obiektu. Właśnie w celu ograniczenia tego zjawiska samochodom nadaje się specjalny, opływowy kształt i wyposaża w różne spojler i deflektory. Z dokładnym opisem i wyjaśnieniem przyczyn powstawania niektórych rodzajów wirów fizycy mają jeszcze spore kłopoty. Nie przeszkadza to jednak, żeby samodzielnie wytwarzać i obserwować wiry w warunkach domowych.



Rys. 1

W celu zbudowania prostego przyrządu do wytwarzania wirów cieczy (rys. 1) potrzebne są dwie przezroczyste plastikowe butelki od napojów (1). Najlepsze są butelki o pojemności 1,5–2 l mające środkową część w kształcie zbliżonym do cylindrycznego. Do jednej z butelek nalewamy wodę wypełniając ją około 3/4 objętości. Obie butelki należy połączyć wciskając ich szyjki w kawałek gumowego węża lub plastikowej rurki (2). Przedtem dobrze jest umieścić w szyjkach butelek korek (3) z otworem o średnicy 8–10 mm. Pozwoli to otrzymać dłużej trwające wiry. Zamiast naturalnego korka można użyć plastikowych zakrętek do butelek. W zakrętkach należy wywiercić otwory, co można łatwo zrobić końcem nożyczek lub noża. Butelki zamyka się zakrętkami i podobnie jak poprzednio, łączy kawałkiem węża lub rurki o odpowiedniej średnicy.

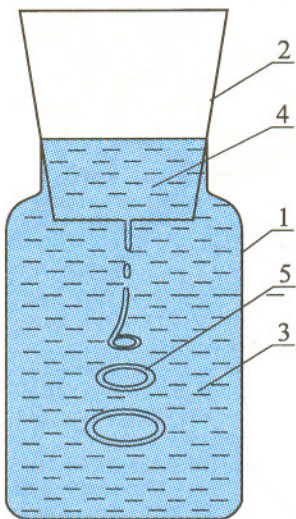
Gdy chcemy wytworzyć wir, należy szybko odwrócić przyrząd tak, żeby butelka zawierająca wodę znalazła się u góry. Następnie trzymając jedną ręką za rurkę lub wąż, a drugą za dno górnej butelki wykonujemy kilka energicznych obrotów przyrządem wokół jego osi pionowej. Woda zawarta w górnej butelce zostanie w ten sposób wprawiona w ruch i wytworzy wir w kształcie leja. Wir ten można wygodnie obserwować przez kilkadziesiąt sekund lub dłużej. Po przepłynięciu wody do dolnej butelki ponownie odwracamy przyrząd i wytwarzamy wir w poprzednio opisany sposób.

Cząsteczki wody tworzącej wir poruszają się po spiralach. Żeby lepiej uwidocznić ten ruch, można przed połączeniem butelek wrzucić do wody trochę okruchów korka lub styropianu. Zastosowanie zasady zachowania momentu pędu i równania Bernoulliego prowadzi do wniosku, że wewnętrzna powierzchnia leja (4) jest częścią hiperboloidy obrotowej. Daje się ona opisać w przybliżeniu wzorem

$$h = \frac{A}{r^2} + B,$$

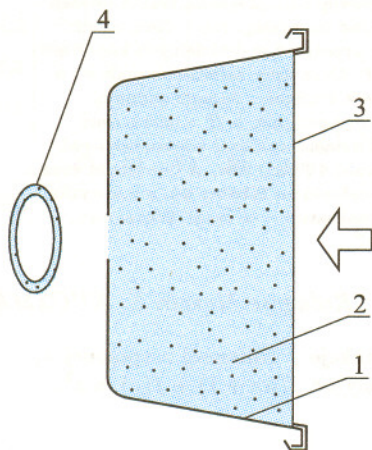
w którym r oznacza promień hiperboloidy mierzony na wysokości h liczonej od jej podstawy, natomiast A i B są to stałe, zależne od prędkości początkowej, ilości wody i rozmiarów butelki.

Bardzo interesujące samoorganizujące się wiry powstają podczas wpływania strumienia nasyconego roztworu soli kuchennej do czystej wody (rys. 2). Żeby je zaobserwować, potrzebny będzie szklany słoik typu „twist-off” (1) i okrągły plastikowy kubek jednorazowego użytku (2), np. od jogurtu lub kawy. Najlepiej dobrać dość wysoki słoik o takiej średnicy, żeby w jego otwór można było lekko wcisnąć kubek. W środku dna kubka należy wykonać igłą otworek o średnicy około 0,5 mm. Słoik napełnia się czystą wodą (3) i umieszcza w nim kubek. Teraz trzeba przygotować w oddzielnym naczyniu nasycony roztwór soli kuchennej. W tym celu do wody należy stopniowo dosypywać soli i mieszać



Rys. 2

tak długo, aż przestanie się rozpuszczać. Dla lepszej widoczności roztwór ten zabarwia się odrobiną atramentu. Zabarwiony roztwór (4) trzeba powoli wlewać do kubka. Zauważamy, że w pewnej chwili przez otwór w dnie zaczyna wypływać cienka strużka roztworu. Wypływ ten ulega okresowym przerwom, a strużka co pewien czas samorzutnie tworzy wiry (5) w kształcie zbliżonym do pierścieni. Wiry te opadają w dół i powoli rozplývają się w wodzie. Przyczyny tego zjawiska nie są jeszcze w pełni ilościowo wyjaśnione.



Rys. 3

Pierścieniowe wiry można również wytworzyć w gazie (rys. 3). Do tego celu wystarczy okrągłe plastikowe pudełko od margaryny (1). W środku jego dna należy wyciąć otwór o średnicy 8–10 mm. Pudełko trzeba napęlnić dymem. Stanowczo odradzam używanie do tego celu dymu papierosowego. Sformułowana przez Hipokratesa zasada *primum non nocere* (przede wszystkim nie szkodzić) obowiązuje również prowadzących badania naukowe i amatorskie eksperymenty. Lepiej zamknąć pudełko pokrywką (3), wsunąć do niego przez otwór w dnie trzymany w rękę tłący się zwitek papieru lub popularne ostatnio kadzidełko zapachowe. Po kilkudziesięciu sekundach „zadymiacz” należy usunąć. Dla ułatwienia obserwacji otwór pudełka dobrze jest skierować pod światło, np. lampy lub latarki kieszonkowej. Teraz trzeba lekko uderzyć palcami w wieczko pudełka w kierunku wskazanym strzałką. Zauważymy wówczas pierścieniowe wiry (4) utworzone z wypływającego przez otwór dymu. Wiry te oddalają się od dna i powoli rozplývają w powietrzu. Na zakończenie warto zadać sobie pytanie, czy występują jakieś analogie między wirami tworzonymi przez dym i roztwór soli?



Zadania

Redaguje Krzysztof OLESZKIEWICZ

M 801. Dane są liczby rzeczywiste a_1, \dots, a_n , parami różne. Niech J będzie zbiorem wszystkich przedziałów postaci $(a_i, a_i + 1)$. Udowodnić, że można ze zbioru J wybrać dwa rozłączne podzbiory \mathcal{A} i \mathcal{B} o następujących własnościach:

- (i) przedziały należące do \mathcal{A} (odpowiednio do \mathcal{B}) są parami rozłączne,
- (ii) suma wszystkich przedziałów należących do zbioru $\mathcal{A} \cup \mathcal{B}$ jest równa sumie wszystkich przedziałów należących do J .

Rozwiązanie na str. 14

M 802. Przekątne czworokąta wypukłego $ABCD$ przecinają się w punkcie P . Dane są pola S_1, S_2, S_3 trójkątów ABP, BCP, CDP . Znaleźć pole trójkąta DAP .

Rozwiązanie na str. 16

M 803. Podać przykład przekształcenia prostej p w p nie będącego izometrią i spełniającego warunek: odległość punktów $f(x)$ i $f(y)$ jest równa 1 dla każdego dwóch punktów x i y , których odległość jest równa 1.

Rozwiązanie na str. 4

Redaguje Krzysztof REJMER

F 447. Dwa samochody stoją „na czerwonym świetle” stykając się zderzakami. Po zmianie światła na zielone pierwszy z nich zaczyna się poruszać ze stałym przyspieszeniem a . Drugi samochód podąża za nim z prędkością proporcjonalną do odległości dzielącej oba samochody. Opisać ruch drugiego samochodu. Długość pierwszego samochodu jest równa l .

Rozwiązanie na str. 3

F 448. Druga prędkość kosmiczna, czyli prędkość ucieczki z powierzchni Ziemi, wynosi $v_{II} = \sqrt{2gR} = 11,2$ km/s, gdzie R jest promieniem Ziemi, g zaś przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni Ziemi. Jaką dodatkową prędkość należy nadać rakiecie spadającej swobodnie (z zerową prędkością początkową) w tunelu przechodzącym przez środek Ziemi, w chwili gdy znajduje się ona dokładnie w samym środku planety tak, aby mogła opuścić Ziemię. Dla uproszczenia zakładamy, że rozkład masy we wnętrzu Ziemi jest jednorodny.

Rozwiązanie na str. 2



JW – Mam przeciek.