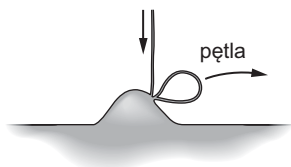


## 2.60. Odbijający się strumień cieczy

Nalej cienki strumień szamponu do włosów lub mydła do rąk w płynie na płaską powierzchnię, na której strumień może utworzyć wybrzuszenie rozplywające się na zewnątrz. Dlaczego przy niektórych wysokościach i pewnych płynach strumień czasami mocno odbija się na boki? (Ja sympatycznie obrywam mydłem Ivory Hand Soap).

**Odpowiedź** Rodzaj szamponu, który skacze, jest nazywany *lepkosprężystym*, ponieważ jest lepki (ma tarcie wewnętrzne przeciwdziałające ruchowi) oraz sprężysty (działa jak gumowa membrana). Lepkość szamponu jest dość duża, gdy szampon porusza się wolno w spadającym strumieniu i wybrzuszeniu. Jednak gdy strumień wpada na wybrzuszenie, zderzenie powoduje jego ścinanie; to znaczy, że jedna lepka warstwa przesuwa się szybko wzdłuż drugiej lepkiej warstwy. Ruch zmniejsza lepkość tej części strumienia. Ponieważ ciecz jest sprężysta, to nagle zmniejszenie jej lepkości pozwala zderzającej się porcji cieczy odbić się trochę jak gumowej piłce, a zatem strumień tworzy szeroką pętlę, która rozciąga się z jednej strony strumienia i wybrzuszenia (rys. 2.18). Pętla jest tak krótka, że widzimy tylko jej górną część, a strumień wygląda, jakby się odbijał od wybrzuszenia.



Rysunek 2.18. Wydaje się, że spadający strumień szamponu odbija się od wybrzuszenia

## 2.61. Ciecze wspinające się po prętach

Jeśli włożymy obracający się pręt do miski z wodą, pręt spowoduje, że woda będzie się obracać i utworzy wir ciągnący się w dół pręta. Dlaczego gdy zastąpimy wodę białkiem z jajka, olejem lub jakimiś innymi płynami, wirujący płyn będzie się wspinał po pręcie, co nazywamy *efektem Weissenberga*?

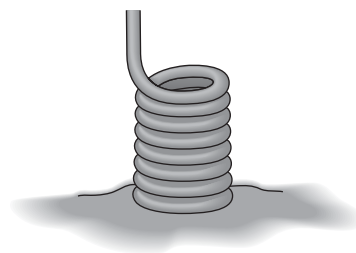
**Odpowiedź** Ta tendencja do wspinania się niektórych płynów wynika ze sposobu, w jaki pręt wymusza rotację płynu. Aby zobaczyć ten efekt

ścínania, wyobraźmy sobie, że płyn znajduje się w cylindrycznych powłokach wyśrodkowanych na pręcie. Rotacja pręta powoduje rotację wewnętrznej powłoki. Ta powłoka trze o następną powłokę, powodując jej rotację. W ten sposób, powłoka po powłoce, płyn jest wprowadzany w ruch rotacyjny. Ponieważ ten ruch jest wywoływany przez ciągnięcie i przesuwanie, mówimy, że powłoki są poddawane ścinaniu. Gdy tym płynem jest woda, ścinanie nie jest zbyt skuteczne w pierwszych kilku powłokach, więc rotacja zmniejsza się na zewnątrz.

Jednak w przypadku tych specjalnych płynów cząsteczki są nie tylko spójne, lecz także splecione ze sobą i zachowują się jak gumki: gdy pręt się obraca, owija w górę te gumki, więc są one ciągnięte w stronę pręta i w górę.

## 2.62. Płynne zwoje liny

Jeśli lejemy miód na grzankę i dopasujemy wysokość, z której nalewamy, możemy uzyskać cienki strumień miodu, który zawija się na toście (rys. 2.19). Inne płyny także zawijają się na sobie, jeśli są prawidłowo wylewane. Na przykład szeroki strumień ciasta zawija się do tyłu i do przodu, aby tworzyć fałdy jak wstążka na prezencie. Co powoduje takie zachowanie?



Rysunek 2.19. Miód zwija się jak lina

**Odpowiedź** Płyny, które wykazują zwijanie podobne do liny lub wstążki, są *lepkosprężyste*, czyli zarówno lepkie, jak i sprężyste.

Gdy lejemy miód z odpowiedniej wysokości, zwija się jak lina lub wstążki z dwóch powodów. (1) Kiedy dotrze do miodu, który już jest rozlany na grzance, jego duża szybkość i znaczna lepkość uniemożliwia jego rozlewanie się. Przepływ jest więc nagle zwalniany przez zderzenie z resztą miodu, co naciska na strumień. (2) Strumień staje się coraz cieńszy, gdy spada i dociera na dół w postaci albo cienkiego strumienia cylindrycznego, albo

cienkiej, szerokiej wstążki. Jeśli jest dostatecznie cienki, działający na niego nacisk powoduje, że odkształca się w jedną stronę. Cylindryczny strumień nadal się odkształca, więc zawija się, tworząc zwój, który może być w środku pusty. Szerszy strumień składa się do tyłu i do przodu: gdy odkształci się w jedną stronę, jego spójność ciągnie go z powrotem do środka, gdzie odkształca się w przeciwną stronę itd. Ogólnie rzecz biorąc, wyższy spadek oznacza większą częstotliwość zwijania w spiralę lub składania, ale efekt ten znika przy dużej wysokości, ponieważ wtedy płyn nie wypływa ze zbiornika gładkim strumieniem, lecz jego przepływ jest bardziej gwałtowny i nierówny.

## 2.63. Fale na wodzie

Co jest przyczyną powstawania fal na wodzie i jak się one tworzą?

**Odpowiedź** Na te dwa proste pytania nie mamy jeszcze wyczerpujących odpowiedzi. Natomiast proste wyjaśnienie jest następujące: lekki wiatr lub jakiegokolwiek zakłócenie na wodzie tworzy zmarszczki na powierzchni. Pod wpływem wiatru zmarszczki te mogą przekształcić się w większe fale. Dokładniej to wygląda tak, że wiatr naciska nawietrzną stronę grzbietu fali, przechodzi przez grzbiet, a potem rozprasza się na wiry na stronie zawietrznej. Ciśnienie powietrza w wirach jest obniżone, więc różnica ciśnień między stroną nawietrzną i zawietrzną fali może ściągnąć grzbiet fali w dół, ale także go podwyższyć. Innymi słowy, wiatr może dostarczać energię grzbietowi fali. Jeśli wiatr się wzmaga, fale stają się większe (ich długość także się zmienia).

## 2.64. Fale wyjątkowe i dzikie

Wysokość większości fal oceanicznych zawiera się w pewnym zakresie wartości, który może być skorelowany z wiatrem oraz burzami. Czasami jednak pojawiają się większe fale. Jeśli można by powiedzieć, że ta *fala wyjątkowa* ma wysokość budzącą strach, wtedy wysokość *fali menstrualnej* (ang. *rogue wave*) trzeba by opisać jako przerażającą. Poprzedza ją niski poziom, który jest często określany jako „dziura w wodzie”. Duże statki, dość mocne, aby stawić czoło silnym burzom, były rozrywane, gdy spadały przechylone

do takiej dziury, tylko po to, aby szarpnęła je fala stojąca około 30 metrów nad nimi. Fala, która uderzyła w parowiec Marynarki Stanów Zjednoczonych *Ramapo* w 1933 r., miała 34 metry, jak zmierzył to oficer dyżurny metodą triangulacji bocianiego gniazda stojącego na tle widoku fali. (Zajmowanie się fizyką w obliczu śmierci wymaga wielkiej odwagi fizycznej).

Zarówno fale wyjątkowe, jak i dzikie można zaobserwować na całym świecie, ale wody za najbardziej wysuniętym na południe wybrzeżem Afryki mają większy udział w tworzeniu dzikich fal, co zostało potwierdzone przez wiele statków, które zginęły w tym obszarze. Co tworzy fale wyjątkowe i dzikie?

**Odpowiedź** Gdyby narysować falę oceaniczną, miałyby ona zapewne kształt sinusoidy (ze wzgórzami i dolinami) poruszającej się po powierzchni oceanu. Jeśli dwie fale przemieszczające się w tym samym kierunku nakładają się, to można sobie wyobrazić, że *fala wypadkowa* (to, co widzimy) jest po prostu sumą tych dwóch fal. Jeśli fale są zsynchronizowane (w fazie), góry i doliny fali wypadkowej są odpowiednio wyższe i niższe niż w poszczególnych falach. A jeśli nałoży się wiele fal poruszających się w różnych kierunkach, wynik może być trudny do przewidzenia, ale wysokość i głębokość fali wypadkowej nadal będzie zwykłym dodawaniem poszczególnych fal.

Takie proste dodawanie fal nazywamy *liniową kombinacją fal*. Wydaje się, że dzikie fale są *nieliniową kombinacją*; to oznacza, że kombinacja poszczególnych fal w jakiś sposób tworzy góry i doliny, które są zbyt wysokie lub zbyt niskie. Być może, gdy tworzą się góry, wiatr wzmaga ich wzrost, tak że ich ostateczna wysokość jest wyższa od oczekiwanej. Albo może w określonych sytuacjach tworzenie się fali wypadkowej koło punktów krytycznych zmienia poszczególne fale i tworzy jeszcze większe fale wypadkowe. Krótko mówiąc, niektóre czynniki zwiększają falę wypadkową. Pojawianie się fal dzikich jest mało prawdopodobne, ale od czasu do czasu taka fala uderza w statek wycieczkowy lub inny statek, zaskakując kapitanów, którzy zwykle biorą pod uwagę tylko liniowe kombinacje fal.

Dzikie fale (nazywane także *falami menstrualnymi*) są nawet trudniejsze do objaśnienia, lecz także muszą być rezultatem nieliniowej kombinacji fal. Jednak ich pojawianie się przy południowo-wschodnich wybrzeżach Afryki musi być wyni-