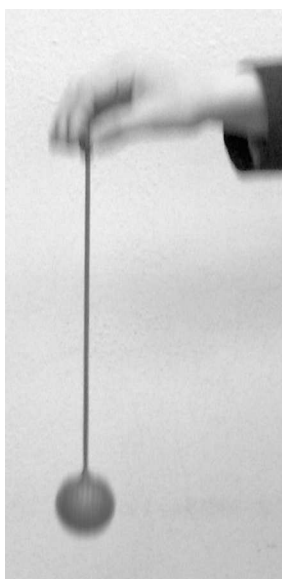


## Doświadczenia z elastyczną kulą wodną (część 3)

Stanisław BEDNAREK

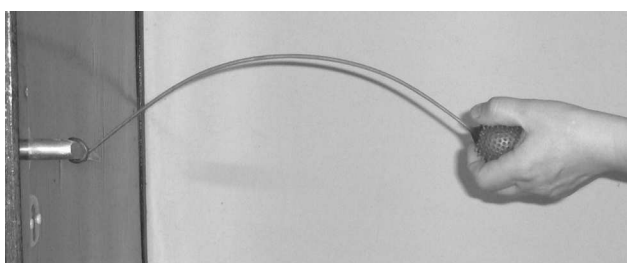
Opisaną w dwóch poprzednich odcinkach tego kącika elastyczną kulę wodną możemy wykorzystać również do badania ruchu drgającego oraz mechaniki cieczy.

Pierwsze z dzisiejszych doświadczeń dotyczy rezonansu mechanicznego. Trzymamy zabawkę palcami jednej ręki za uchwyt, tak by taśma i kula zwisały pionowo. W pewnej chwili zaczynamy wykonywać ręką ruchy posuwisto-zwrotne w kierunku pionowym (fot. 1). Widzimy, iż kula również rozpoczyna wykonywanie ruchów drgających w tym kierunku. Staramy się zaobserwować, jaka jest amplituda tych drgań. Zmieniamy częstotliwość ruchów ręki i obserwujemy wpływ tych zmian na amplitudę drgań kuli. Okazuje się, że amplituda ta jest największa dla pewnej charakterystycznej częstotliwości ruchów ręki. W tej sytuacji kula znajduje się w stanie rezonansu mechanicznego.



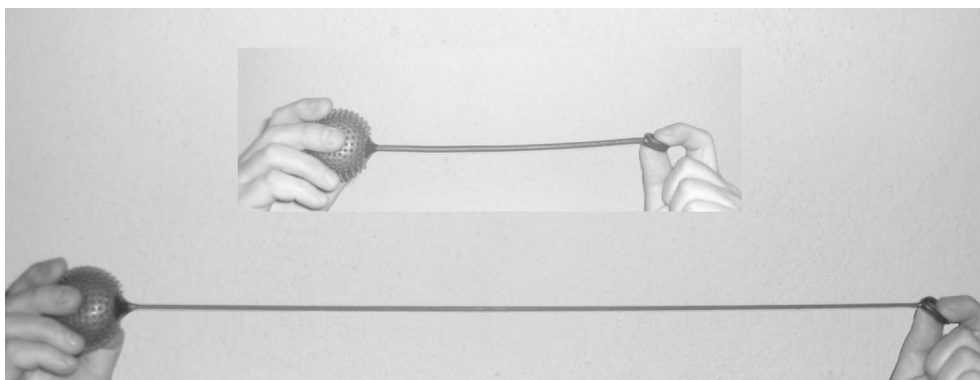
Fot. 1. Wykorzystanie elastycznej kuli wodnej do badania zjawiska rezonansu mechanicznego.

W drugim doświadczeniu wytworzymy falę stojącą. W tym celu uchwyt zabawki zaczepiamy o jakiś stały punkt. Może to być np. klamka przy drzwiach, wieszak do ubrań lub statyw, można też poprosić o przytrzymanie taśmy inną osobę. Kulę chwytną jedną ręką i odsuwamy od uchwytu, tak żeby taśma była lekko naciągnięta i zajmowała pozycję poziomą. Palcem drugiej ręki naciskamy na taśmę w kierunku pionowym i puszczone ją swobodnie. Zauważamy, że w naprężonej taśmie wzbudza się fala stojąca. Strzałka tej fali znajduje się w połowie długości taśmy, a węzły wypadają na jej końcach – przy uchwycie oraz przy kuli (fot. 2). Charakterystyczną cechą tak wytworzonej fali stojącej jest to, że wzbudza się podstawowy mod drgań, czyli drgania o najniższej częstotliwości. Zmieniając siłę naprężającą taśmę i wzbudzając w niej kolejne fale, możemy zaobserwować, że częstotliwość drgań wzrasta wraz ze zwiększaniem siły naprężającej. Zwiększenie częstotliwości możemy stwierdzić, widząc większe rozmycie obrazu drgającej taśmy.



Fot. 2. Wytwarzanie fali stojącej przy użyciu elastycznej kuli wodnej.

W trzecim doświadczeniu zobaczymy, jak zmieniają się wymiary poprzeczne ciała sprężystego, poddanego rozciąganiu. Jest faktem powszechnie znanym, że przyłożenie siły rozciągającej do ciała sprężystego powoduje jego wydłużenie. Spowodowane przez tę siłę wydłużenie jest tym większe, im większa jest wartość przyłożonej siły. Znacznie mniej znanym faktem jest zmiana poprzecznych rozmiarów rozciąganego ciała. Z tym faktem możemy zapoznać się, wykonując następujące doświadczenie. Chwytną palcami jednej ręki koniec taśmy w pobliżu uchwytu, a przeciwny koniec

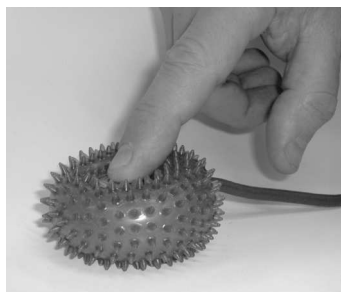


Fot. 3. Uwidocznienie przewężenia ciała sprężystego podczas rozciągania przy użyciu elastycznej kuli wodnej.

ujmujemy w pobliżu kuli palcami drugiej ręki. Ustawiamy dłonie na jednakowej wysokości i rozsuwamy je nieco, tak żeby taśma przyjęła kierunek poziomy, ale nie była rozciągnięta. Obserwujemy grubość taśmy. Następnie rozsuwamy powoli dłonie coraz bardziej, obserwując przez cały czas grubość taśmy. Stwierdzamy, że

wraz ze wzrostem wydłużenia taśmy jej grubość maleje. Ponieważ taśma jest bardzo rozciągliwa, możemy bez obawy rozerwania zwiększyć jej długość nawet 3–4 razy i bezpośrednio zaobserwować bardzo wyraźne przewężenie taśmy (fot. 3).

Elastyczną kulę wodną możemy wykorzystać również do doświadczeń z mechaniki cieczy. Pierwsze z nich będzie dotyczyło prawa Pascala. Elastyczną kulę zabawki kładziemy na płaskiej, poziomej powierzchni, np. na stole. Na kulę od góry nakładamy monetę jednozłotową lub inny krążek o podobnych rozmiarach. Naciskamy palcem na monetę i obserwujemy kształt kuli (fot. 4). Zauważmy, że kula ulega jednakowemu odkształceniu we wszystkich kierunkach. Takie zachowanie się kuli jest ilustracją prawa Pascala mówiącego, że ciśnienie zewnętrzne, wywierane na ciecz lub gaz (ogólnie mówi się – płyn) rozchodzi się w nim we wszystkich kierunkach jednakowo i jest prostopadłe do powierzchni płynu. Zamiast wywierać nacisk na kulę przez monetę, możemy naciskać na nią bezpośrednio palcem. Wówczas kula przyjmie kształt toroidu (fot. 5). Doświadczenie ilustrujące prawo Pascala możemy przeprowadzić w jeszcze inny, może bardziej efektowny sposób. Obejmujemy kulę od dołu kciukiem i palcem wskazującym jednej dłoni, tak żeby dolna część kuli znalazła się między tymi palcami. Następnie powoli zaciskamy oba palce aż do maksymalnego zbliżenia. Widzimy, że ponad zaciśniętymi palcami tworzy się mniejsza kula, co również wskazuje na rozchodzenie się w płynie ciśnienia jednakowo we wszystkich kierunkach i prostopadłe do jego powierzchni (fot. 6).



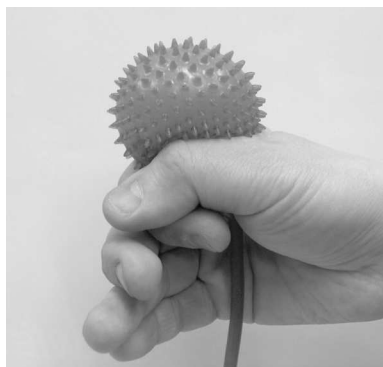
Fot. 4. Sprawdzanie prawa Pascala przy użyciu elastycznej kuli wodnej.



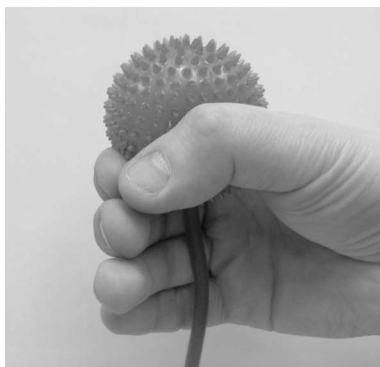
Fot. 5. Inny sposób wykorzystania elastycznej kuli wodnej do sprawdzania prawa Pascala.

W ostatnim doświadczeniu zapoznamy się z ruchami burzliwymi (turbulentnymi) w cieczy. Kulę zabawki obejmujemy zgiętymi czterema palcami jednej ręki i zgiętym kciukiem, tak żeby ponad palce wystawała około połowa kuli (fot. 7). Taśma i uchwyt zabawki powinny przy tym swobodnie zwisać. Następnie szybko zaciskamy palce, zgniatając elastyczną kulę. Widzimy, że powyżej zaciśniętych palców tworzy się uwypuklenie o przewężonej i przezroczystej ścianie z rozsuniętymi kolcami (fot. 8). Wewnątrz tego uwypuklenia widoczna jest woda z poruszającymi się ruchem wirowym białymi kłaczkami. Kłaczkami te pokazują turbulentny ruch wody, spowodowany nagłym zaciśnięciem kuli wprowadzającym zaburzenie.

Kończąc opisy doświadczeń z elastyczną kulą wodną, nie sposób oprzeć się refleksji nad szerokimi możliwościami jej wykorzystania do przeprowadzania interesujących eksperymentów z różnych działów fizyki. Opisane doświadczenia najprawdopodobniej nie wyczerpują wszystkich możliwości wykorzystania tej bardzo prostej, taniej i łatwo dostępnej zabawki. Pomysłowy Czytelnik zapewne wymyśli jeszcze jakiś nowy, ciekawy eksperyment. A może znajdzie jeszcze jakieś inne zabawki, które okażą się w podobnym stopniu uniwersalne i przydatne do przeprowadzania interesujących doświadczeń fizycznych?



Fot. 6. Sposób zaciśnięcia elastycznej kuli wodnej do sprawdzania prawa Pascala.



Fot. 7. Sposób uchwycenia elastycznej kuli wodnej w celu uwidocznienia ruchu turbulentnego cieczy.



Fot. 8. Ruch turbulentny cieczy w elastycznej kuli wodnej.