

Równowaga niejedno ma imię

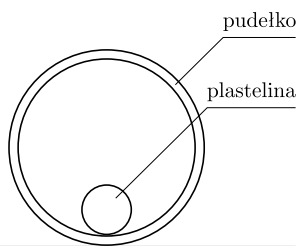
Stanisław BEDNAREK

Ze słowem równowaga spotykamy się w życiu codziennym. Słowo to oznacza również ważne pojęcie fizyczne. Spróbujmy zbadać dokładniej równowagę mechaniczną. Na początek potrzebna będzie plastelina i okrągłe, plastikowe pudełko, np. od kremu lub pasty do czyszczenia naczyń. Wysokość pudełka powinna wynosić około połowy jego średnicy. Pudełko ustawiamy na stole, tak żeby blatu stołu dotykała jego cylindryczna powierzchnia. Popychamy lekko pudełko palcem i obserwujemy jego zachowanie. W jakiej pozycji zatrzymuje się pudełko? Widzimy, że pudełko zatrzymuje się w różnych przypadkowych położeniach. Taki stan równowagi pudełka nazywamy obojętnym.

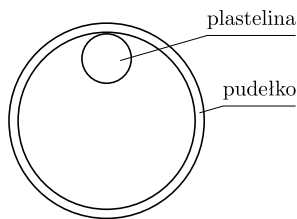
Następnie otwieramy pudełko. Z plasteliny formujemy kulkę o średnicy około 3 cm i przyklejamy ją do wewnętrznej powierzchni pudełka (rys. 1). Zamykamy pudełko, ustawiamy je na stole podobnie jak poprzednio i popychamy lekko palcem. Obserwujemy zachowanie się pudełka. W jakiej pozycji teraz zatrzymuje się pudełko? Zauważamy, że popchnięte pudełko wykonuje kilka wahań w prawo i w lewo, a następnie zatrzymuje się zawsze w tej samej pozycji. Czy pozycja ta ma związek z położeniem kawałka plasteliny wewnątrz pudełka? Żeby to ustalić, po zatrzymaniu się pudełka przytrzymujemy je palcami jednej ręki, a drugą ręką zdejmujemy pokrywkę. Widzimy, że pudełko zatrzymało się w pozycji, w której plastelina zajmuje najniższe położenie. Taki stan równowagi pudełka nazywamy równowagą trwałą. W tym stanie pudełko zawsze zajmuje tę samą pozycję.

Wykonajmy jeszcze jedno doświadczenie z naszym pudełkiem. Otwarte pudełko ustawiamy na stole tak, żeby stołu dotykała cylindryczna powierzchnia, a plastelina zajmowała najwyższe położenie (rys. 2). Wykonanie tej czynności może wymagać trochę cierpliwości lub bardziej symetrycznego uformowania plasteliny. Po ustawieniu pudełka wychylamy je z tej pozycji przez lekkie popchnięcie palcami. Co zauważamy tym razem? Okazuje się, że pudełko nie wraca do położenia z usytuowaniem plasteliny w najwyższej pozycji, ale wykonuje szybki obrót i po kilku wahańciach zajmuje pozycję z najniższym usytuowaniem plasteliny. Stan pudełka z najwyższym usytuowaniem plasteliny nazywamy stanem równowagi chwiejnej.

Podsumowując wyniki naszych doświadczeń z pudełkiem, stwierdzamy, że ciało może znajdować się w jednym z trzech stanów równowagi – trwałej, obojętnej lub chwiejnej. Zależy to od rozkładu masy ciała względem punktów jego zawieszenia lub podparcia. Ten rozkład wyznacza położenie środka ciężkości, to jest punktu związanego z ciałem, przez który przechodzi wypadkowa siła ciężkości działająca na cząstki tego ciała. Jeżeli środek ciężkości będzie znajdował się możliwie nisko względem punktów podparcia lub poniżej punktów zawieszenia ciała, to będzie ono w równowadze trwałej. Gdy zaś rzut środka ciężkości znajdzie się poza powierzchnią wyznaczoną przez punkty podparcia ciała lub środek ciężkości będzie powyżej punktu zawieszenia ciała, to ciało będzie w równowadze chwiejnej lub nietrwalej. Równowaga obojętna wystąpi wówczas, gdy środek ciężkości będzie pokrywał się z punktami zawieszenia ciała lub z jego środkiem geometrycznym.

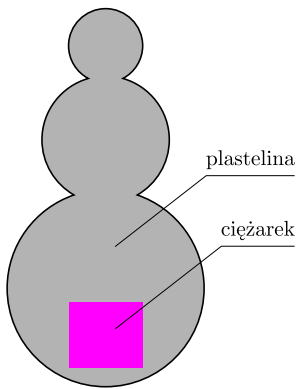


Rys. 1. Pudełko w równowadze trwałej.



Rys. 2. Pudełko w równowadze chwiejnej.

Stan równowagi ciała ma ważne znaczenie praktyczne. Dla przykładu konstruktorzy samochodów, dążą do maksymalnego obniżenia środka ciężkości. Koncentracja masy poniżej punktów podparcia została wykorzystana w wielu pomysłowych zabawkach, jak np. ekwilibrysty, gimnastyka na drążku czy lecące mewy, podpartej na dziobie.



Jedną z takich zabawek warto spróbować wykonać samodzielnie. Wystarczy do tego celu plastelina i niewielki ciężarek o masie 50–100 g, który można zastąpić kilkoma dużymi nakrętkami. Z plasteliny formujemy trzy kulki o coraz większych średnicach. Najmniejsza z nich powinna mieć średnicę około 1,5 cm, średnia około 3 cm, a największa w przybliżeniu 5 cm. Wewnątrz największej kulki umieszczamy ciężarek lub nakrętki. Przedmioty te powinny znajdować się tuż pod powierzchnią kulki. Następnie kulki sklejamy, tak żeby utworzyć figurę przypominającą bałwana (rys. 3).

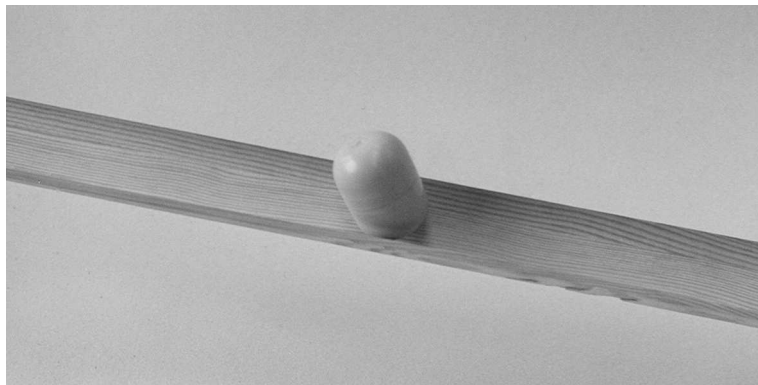
Wykonana zabawka znana jest pod rosyjskojęzyczną nazwą „wańka-wstańka”. Łatwo można pokazać uzasadnienie tej nazwy. Kiedy położymy naszą zabawkę na płaskiej, poziomej powierzchni, np. na stole, wówczas zabawka wykona ćwierć obrotu oraz kilka wahnięć i zajmie pozycję pionową. Wszelkie próby położenia zabawki czy samodzielnego utrzymania jej w pozycji pochylonej kończą się niepowodzeniem. Wańka-wstańka puszczone swobodnie zawsze wstaje i wraca do pozycji pionowej.

Bardzo atrakcyjną zabawkę możemy wykonać małym nakładem sił, dysponując kapsułką od Kinder-niespodzianki i metalową lub drewnianą kulką o średnicy około 25 mm (rys. 4).

Rys. 3. „Wańka-wstańka” przedstawiona w przekroju.



Rys. 4. Części składowe fikującej kapsułki.



Rys. 5. Fikująca kapsułka schodzi po rynience sklezionej z listewek.

W ostateczności możemy posłużyć się kulką plastelinową. Kulkę wkładamy do kapsułki i zamykamy ją. Obserwujemy, że kapsułka, podobnie jak „wańka-wstańka”, dąży do zajęcia pionowej pozycji. Zbudujemy pochyły tor z rynienką – może to być około 0,5 m lub dłuższy odcinek metalowego albo drewnianego kątownika oparty końcem na kilku książkach i utwierdzony plasteliną, tak żeby jego przekrój poprzeczny zajmował symetryczne położenie względem pionu. Jeżeli nie mamy kątownika, to można wykorzystać dwie linijki, ustawione do siebie prostopadle i sklezione wzdłuż taśmą klejącą. Mając gotowy tor, ustawiamy na jego szczycie kapsułkę i puszczone swobodnie. Obserwujemy niecodzienne zjawisko. Kapsułka fikując koziołki schodzi wzdłuż toru (rys. 5). Dociekliwym Czytelnikom pozostawiamy wyjaśnienie, jakim ruchem porusza się kulka wewnątrz kapsułki.



Rys. 6. Nieprzewracalny kubek dla malucha, czyli bardziej praktyczna wersja „wańki-wstańki”.

Na zakończenie warto pokazać bardzo praktyczne wykorzystanie równowagi trwałej, z którym, być może, spotkaliśmy się w naszych najmłodszych latach. Jest to nieprzewracalny kubek dla małych dzieci (rys. 6). Dolna, półkulista część kubka zawiera obciążnik o znacznej masie, który powoduje obniżenie środka ciężkości, tak że znajduje się on bardzo blisko punktów podparcia kubka. Dzięki temu odchylony od pionu kubek wraca do pozycji pionowej. Zapewne wnikliwi Czytelnicy nieprzewracalny kubek potraktują jako bardziej użyteczną wersję „wańki-wstańki”.