

Poznajemy fizyczne podstawy lewitacji *Stanisław BEDNAREK*



Od najdawniejszych czasów ludzie marzyli o pokonaniu siły grawitacji i swobodnym unoszeniu się w powietrzu. Znalazło to swój wyraz w mitach, baśniach i legendach. Któż z nas nie słyszał o Ikarze, czy latających dywanach i miotłach. W kontekście tych opowieści warto postawić pytanie, jakie możliwości lewitacji proponuje nam fizyka? Warto również spróbować odpowiedzieć na to pytanie.

Współczesna fizyka zna i potrafi zrealizować następujące sposoby lewitacji: w sprężonym powietrzu, w polu elektrostatycznym, akustyczną, optyczną i w polu magnetycznym. Lewitacja w polu magnetycznym występuje w kilku odmianach. Może ona być stabilizowana więzami mechanicznymi, ruchem obrotowym, aktywną regulacją pola, diamagnetykami lub zachodzić w zmiennym polu magnetycznym oraz w przypadku diamagnetyków lub nadprzewodników.

Wyjaśnimy przy okazji znaczenie słowa lewitacja. Pochodzi ono od łacińskiego słowa *levitas* oznaczającego lekkość. Obecnie oznacza ono unoszenie się obiektu bez kontaktu z podłożem. W dawnych czasach lewitacją nazywano zjawisko parapsychologiczne (któremu ulegali np. święci) albo trik magiczny.

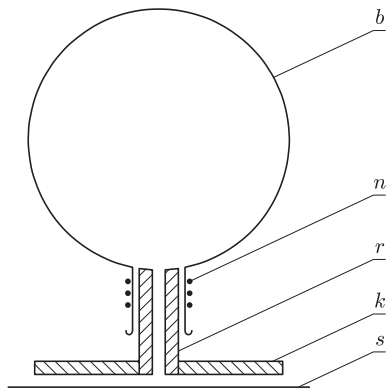
Z fizycznego punktu widzenia na lewitujący obiekt działa siła równoważąca siłę grawitacji. Nie ma przy tym bezpośredniego kontaktu z obiektem. Jedynym pośrednikiem może być powietrze. Warunkiem koniecznym stabilnej lewitacji jest ujemne sprzężenie zwrotne między powodującą je siłą a wysokością, na której znajduje się obiekt. Oznacza to, że zwiększenie wysokości obiektu powoduje zmniejszenie siły utrzymującej obiekt.

Przyjrzyjmy się teraz bliżej wymienionym sposobom lewitacji i spróbujmy niektóre z nich zrealizować w praktyce. Lewitacja w sprężonym powietrzu spowodowana jest ciśnieniem powietrza na lewitujący obiekt. Została ona wykorzystana w pojazdach poruszających się na poduszce powietrznej, tzw. poduszkowcach. Pojazdy takie mogą poruszać się w dowolnie trudnym terenie – piaszczystym, bagnistym oraz po wodzie. W szkolnej pracowni fizycznej można spotkać tor lub stolik z poduszką powietrzną. W przyrządach tych powietrze wypływa przez szereg małych otworków i utrzymuje lewitujący obiekt, który może poruszać się z minimalnym tarcie. Stolikiem z poduszką powietrzną jest również spotykany w salonach gier hokej powietrzny.

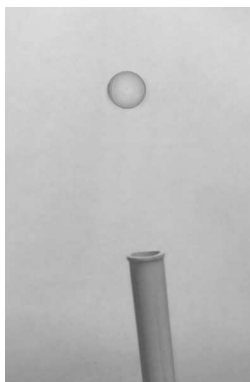
W warunkach domowych możemy łatwo zbudować model poduszkowca, używając do tego celu gumowego balonika (rys. 1). W szyjce balonika umieszczamy sztywną, plastikową rurkę, np. kawałek rurki od długopisu i obwiązujemy balonik nitką. Na koniec rurki nasuwamy krążek wycięty z tektury lub kartonu o średnicy około 10 cm. Po nadmuchaniu balonika i umieszczeniu go nad powierzchnią stołu balonik lewituje przez kilkadziesiąt sekund. Również łatwo możemy osiągnąć lewitację lekkiej piłeczki, o średnicy kilku centymetrów, w strumieniu powietrza wypływającym z odkurzacza (fot. 1). W tym celu wkładamy rurę odkurzacza do jego wylotu powietrza. Można to zrobić tylko w przypadku odkurzaczy starszego typu, które mają skupiony wylot powietrza. Zamiast odkurzacza możemy wykorzystać suszarkę do włosów (rys. 2).

Stabilna lewitacja w polu elektrostatycznym napotyka znaczne trudności. Wynikają one z twierdzenia Earnshawa, które orzeka, że dowolny statyczny układ ładunków elektrycznych lub biegunów magnetycznych nie może wytworzyć lokalnego minimum potencjału i znajdować się w równowadze trwałej. W tej sytuacji rozwiązanie stanowi zastosowanie zmieniającego się pola elektrycznego. Natężenie pola regulowane jest w zależności od położenia obiektu, tak żeby występowało wspomniane wcześniej ujemne sprzężenie zwrotne. Realizacja tej idei wymaga użycia skomplikowanych układów elektronicznych.

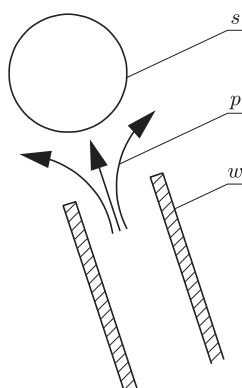
Lewitacja akustyczna została po raz pierwszy zrealizowana w 1933 r. Do jej urzeczywistnienia wykorzystano małe próbki materii oraz falę ultradźwiękową. Próbki te unosiły się w węzłach fali stojącej bez kontaktu z innymi przedmiotami, a ich pozycja była precyzyjnie kontrolowana. Obecnie lewitację akustyczną



Rys. 1. Poduszkowiec wykonany z balonika; *b* – gumowy balonik, *n* – nić, *r* – rurka, *k* – krążek z tektury, *s* – powierzchnia stołu.



Fot. 1. Lewitacja piłeczki w strumieniu powietrza z odkurzacza.



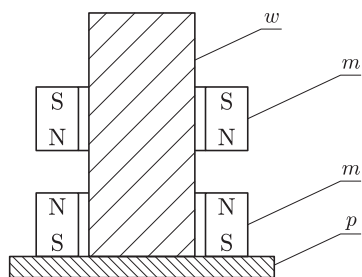
Rys. 2. Lewitacja piłeczki w strumieniu powietrza z suszarki do włosów, *s* – piłeczka, *p* – powietrze, *w* – wylot suszarki.

wykorzystuje się w badaniach w stanie nieważkości na stacjach kosmicznych. Uzyskanie lewitacji akustycznej wymaga dostępu do generatora ultradźwięków.

Zbudowanie laserów o dużej mocy, pracujących w sposób ciągły, umożliwiło praktyczną realizację lewitacji optycznej. W metodzie tej bardzo małe cząstki mogą stabilnie lewitować utrzymywane przez silną wiązkę światła laserowego. Okazuje się bowiem, że promieniowanie laserowe wywiera ciśnienie, które może powodować znaczące efekty mechaniczne.

Różne odmiany lewitacji magnetycznej zaczniemy poznawać od najprostszej w urzeczywistnieniu lewitacji stabilizowanej więzami mechanicznymi. Do tego celu potrzebne będą dwa magnesy. Mogą to być magnesy pierścieniowe lub magnesy bez otworów w kształcie dysków albo prostopadłościanów. Magnesy pierścieniowe można wymontować z uszkodzonych głośników. Magnesy dyskowe lub prostopadłościenne używane są do przytrzymywania kartek na tablicy magnetycznej lub na lodówce oraz w zatrzaskach meblowych.

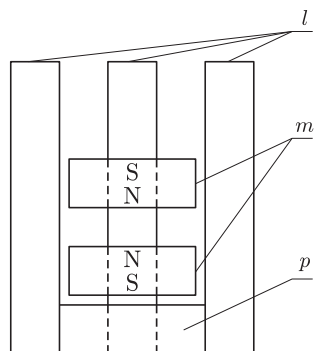
Mając magnesy w kształcie pierścieni, zbudujemy bardzo prosty przyrząd złożony z okrągłej podstawki i drewnianego walca (rys. 3). Średnica walca powinna być o kilka milimetrów mniejsza od średnicy otworów w magnesach. Podstawkę łączymy z walcem za pomocą kilku gwoździ lub kleju. Na walec wkładamy jeden z magnesów, tak żeby znalazł się na podstawce. Drugi z magnesów zbliżamy do pierwszego biegunem jednoimiennym i również nakładamy na walec. Ponieważ bieguny jednoimienne odpychają się wzajemnie, drugi magnes lewituje nad pierwszym, stabilizowany obecnością drewnianego walca, który zapobiega zepchnięciu magnesu na boki lub odwróceniu się i zbliżeniu biegunami różnoimiennymi (fot. 2).



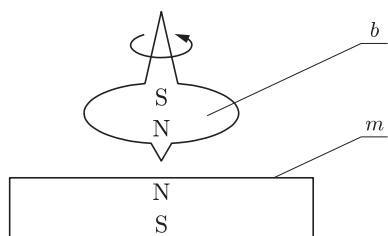
Rys. 3. Układ do lewitacji z magnesami pierścieniowymi; m – magnes pierścieniowy, w – walec drewniany, p – podstawka.



Fot. 2. Lewitujące magnesy pierścieniowe.



Rys. 4. Układ do lewitacji magnesów bez otworów; m – magnes, l – przewodnica, p – podstawka.



Rys. 5. Lewitron; m – magnes, b – bączek magnetyczny.

Patrz też artykuł o lewitronie w *Delcie* 11/2006.

Jeżeli mamy magnesy bez otworów, to zbudujemy przyrząd złożony z prostokątnej lub kwadratowej podstawki przyciętej z kawałka deseczki (rys. 4). Wymiary tej podstawki powinny być o 1–2 mm większe od wymiarów magnesu. Do podstawki z czterech stron przybijamy lub przyklejamy cztery kawałki listewki, stanowiące przewodnice dla magnesów. Jeden z magnesów układamy na podstawce, a drugi zbliżamy do niego biegunem jednoimiennym. Widzimy, że drugi magnes zawisa nad pierwszym. Listewki zabezpieczają drugi magnes przed zepchnięciem na boki i zwróceniem się do pierwszego biegunami różnoimiennymi.

Jedną z bardziej interesujących odmian lewitacji magnetycznej polega na stabilizacji ruchem obrotowym. Została ona wykorzystana w wynalezionej w 1983 r. przez Roya Harringa w Stanach Zjednoczonych zabawce zwanej lewitronem. Lewitron składa się z dużego, płaskiego magnesu umieszczonego w podstawie zabawki i magnetycznego bączka (rys. 5). Magnes i bączek zwrócone są do siebie biegunami jednoimiennymi. Początkowo bączek ustawia się nad magnesem na poziomej, niemagnetycznej płytce i wprawia w ruch obrotowy. Następnie płytkę się usuwa, a bączek unosi się nad magnesem, wirując przez 2–3 minut. Tego rodzaju zabawkę można czasami spotkać w sprzedaży lub spróbować wykonać samodzielnie. Na zakończenie należy wspomnieć, że lewitacja magnetyczna znalazła zastosowanie w technice, m.in. do budowy beztarciowych łożysk oraz pociągów poruszających się na tzw. poduszce magnetycznej.