

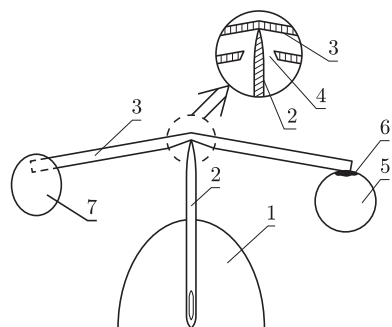
## Wykrywamy dia- i paramagnetyki

Stanisław BEDNAREK

Wykrycie właściwości ferromagnetycznych jakiegoś przedmiotu wykonanego z żelaza lub stali, czyli żelaza z domieszką węgla i innych metali, nie sprawia większych trudności. Wystarczy niewielki i niezbyt silny magnes, żeby stwierdzić jego oddziaływanie z tymi materiałami. Ale ferromagnetyki to tylko jedna z grup materiałów magnetycznych. Pomijając egzotyczne wyjątki, np. antyferromagnetyki, bez wielkiego błędu wszystkie substancje pod względem właściwości magnetycznych podzielić można na trzy grupy: diamagnetyki, paramagnetyki i ferromagnetyki.

Dzisiaj zajmiemy się pierwszymi dwiema grupami tych materiałów. Przykładami diamagnetyków są: woda, bizmut i rtęć oraz grafit. Przykłady paramagnetyków to: tlen, mangan i aluminium, czyli glin z niewielką domieszką, np. krzemu. Właściwości magnetyczne tych materiałów są kilkadziesiąt tysięcy razy słabsze niż żelaza. Dlatego, zbliżając nawet silny magnes do leżącego na stole kawałka bizmutu czy aluminium, najprawdopodobniej nie zaobserwujemy żadnego oddziaływania.

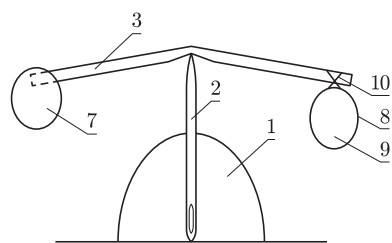
Żeby wykryć właściwości diamagnetyczne, posłużymy się bardzo prostym, ale czułym układem, przedstawionym na rysunku 1. Do jego budowy potrzebne będą: plastelina, duża igła, sztywna rurka do picia napojów lub do trzymania baloników, kilka dużych owoców winogrona, klej typu super glue, nożyczki i linijka. Z plasteliny formujemy pagórek 1 o wysokości nieco mniejszej niż długość igły 2. W pagórek ten pionowo wbijamy tępy koniec igły. W połowie długości rurki 3 wycinamy podłużne okienko 4 o długości około 1 cm, sięgające w przybliżeniu do połowy grubości rurki (zobacz powiększony fragment na rysunku 1). Rurkę lekko zginamy w połowie długości.



Rys. 1. Układ do obserwacji diamagnetyzmu winogrona:

- 1 – podstawka z plasteliny,
- 2 – duża igła,
- 3 – rurka plastikowa,
- 4 – okienko w rurce,
- 5 – winogrono,
- 6 – klej super glue,
- 7 – przeciwwaga z plasteliny.

Owoc winogrona 5 starannie osuszamy chusteczką higieniczną i wycieramy z woskowatego nalotu, a następnie klejem typu super glue 6 przyklejamy go w pobliżu końca rurki. Na przeciwległy koniec rurki wciskamy kulkę 7 z plasteliny. Wielkość tej kulki dobieramy tak, żeby rurka podparta na ostrzu igły była w równowadze. Jeżeli końcówka z kulką plastelinową opada w dół, to odejmujemy odpowiednią ilość plasteliny. Odwrotnie postępujemy, gdy opada końcówka z owocem winogrona. Winogrono możemy też osadzić na rurce, wbijając w nie ukośnie ścięty koniec rurki.

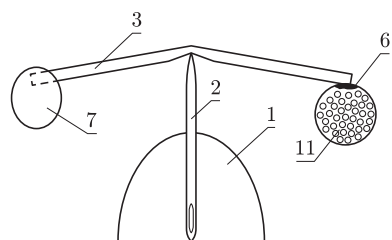


Rys. 2. Układ do obserwacji diamagnetyzmu wody w baloniku:

- 8 – balonik,
  - 9 – woda,
  - 10 – nitka.
- Znaczenie pozostałych numerów takie samo, jak w opisie rysunku 1.

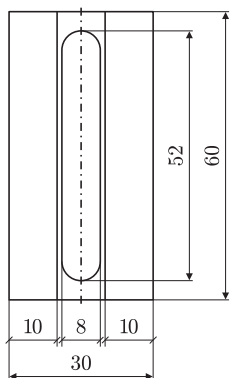
Mając zrównoważoną rurkę podpartą na ostrzu igły, zbliżamy do owocu winogrona na odległość paru milimetrów silny magnes. Najlepiej nadaje się do tego celu magnes neodymowy w kształcie walca o średnicy 1 cm i wysokości 1 cm lub większej. Magnes taki można kupić w niektórych sklepach z artykułami elektronicznymi w cenie około 10 zł. (O innych sposobach zdobycia magnesu była mowa w opisie doświadczenia pt. *Badamy siłę elektrodynamiczną w Delcie 11/2007.*) Co zauważamy? Winogrono jest odpychane od magnesu. Dlaczego tak się dzieje? Owoc winogrona jest bardzo soczysty, zawiera około 80% wody, która, jak wcześniej wspomniano, jest diamagnetykiem.

Doświadczenie to możemy wykonać w nieco innej wersji (rys. 2), zastępując winogrono małym balonikiem 8, napełnionym wodą 9, zawiązanym nitką 10 i przywiązany w pobliżu końca rurki. Rurkę równoważymy plasteliną w taki sam sposób, jak poprzednio. Balonik z wodą jest również odpychany od magnesu. Można tu postawić pytanie, co jest przyczyną tego odpychania? Nie wdając się w szczegółowe rozważania teoretyczne, można ogólnie powiedzieć, że zbliżenie magnesu powoduje zaindukowanie dodatkowego prądu związanego z ruchem elektronów po orbitach. Kierunek tego prądu jest taki, że magnes i woda odpychają się wzajemnie. Odpychanie zachodzi dla obu biegunów magnesu.

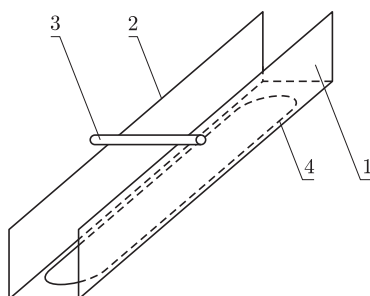


Rys. 3. Układ do obserwacji paramagnetyzmu kulki foliowej:  
 11 – kulka zgnieciona z folii.  
 Znaczenie pozostałych numerów takie samo, jak w rysunku 1.

Pozostaje nam teraz przejść do paramagnetyków (rys. 3). Łatwo dostępnym paramagnetykiem jest glin, czyli praktycznie folia aluminiowa, używana do pakowania produktów spożywczych. Rolkę takiej folii można w cenie kilku



Rys. 4. Szablon rynienki do obserwacji efektu dia- i paramagnetycznego.



Rys. 5. Obserwacja efektu dia- lub paramagnetycznego na rynience:  
1 – bok rynienki,  
2 – górna prowadnica,  
3 – pręcik dia- lub paramagnetyczny,  
4 – okienko do obserwacji w projekcji za pomocą rzutnika pisma.

złoty kupić w sklepie z artykułami gospodarstwa domowego. Z kawałka takiej folii należy mocno zgnieść kulkę 11 o średnicy około 2,5 cm. Kulkę taką przyklejamy odrobiną kleju super glue 6 w pobliżu końca rurki. Na przeciwległym końcu rurki umieszczamy kulkę z plasteliny 7 o takiej masie, żeby rurka była w równowadze.

Do kulki z folii zbliżamy magnes na odległość paru milimetrów. Co zauważamy? Widzimy, że kulka jest przyciągana do magnesu niezależnie od zbliżonego bieguna. Wyjaśniając paramagnetyzm na poziomie mikroskopowym, zakładamy, że atomy substancji paramagnetycznej mają co najmniej jeden elektron o nie sparowanym momencie magnetycznym, czyli niezrównoważonym przez moment magnetyczny innego elektronu. Dzięki temu atomy takie zachowują się jak małe magnesy, które są przyciągane przez zbliżony magnes. Należy zwrócić tutaj uwagę, że paramagnetyki wykazują również diamagnetyzm, ale jest on maskowany przez znacznie silniejszy efekt paramagnetyczny. Jak widać, lista dia- i paramagnetyków, dających się badać w warunkach domowych, jest bardzo skromna. Badanie rtęci, bizmutu, manganu, czy ciekłego tlenu musimy, niestety, pozostawić specjalistycznym laboratoriom.

Na zakończenie warto przeprowadzić jeszcze jeden prostszy eksperyment. Na kawałku kartonu rysujemy figurę przedstawioną na rysunku 4, wycinamy ją i zaginamy wzdłuż dłuższych boków, tak żeby otrzymać rynienkę o boku 1 przedstawioną na rysunku 5. Na górnych prowadnicach 2 tej rynienki układamy kawałek grafitu z ołówka automatycznego 3 (długości około 15 mm) albo podobnych rozmiarów pręcik aluminiowy. Jeżeli grafit nie jest zanieczyszczony substancjami para- lub ferromagnetycznymi, wówczas jako diamagnetyk powinien zacząć toczyć się od magnesu. Pręcik aluminiowy powinien natomiast toczyć się w kierunku magnesu. Podłużne wycięcie 4 w podstawie rynienki umożliwi jednocześnie pokazanie tych niewielkich elementów większej grupie osób, np. podczas lekcji w klasie. W tym celu wystarczy naszą rynienkę położyć na płycie rzutnika pisma (grafoskopu) i ustawić ostrość, tak żeby pręcik był wyraźnie widoczny na ekranie. Jeżeli mamy pręciki o średnicy 0,5–2 mm i długości około 20 mm, wykonane z różnych materiałów, np. miedzi, aluminium, czy tworzyw sztucznych, to warto umieścić je na prowadnicach rynienki i spróbować określić ich właściwości magnetyczne.



## Zadania

Redaguje Ewa CZUCHRY

**F 705.** Do końcówki pompki samochodowej wpadło trochę żwirku (rys.). Oszacować, z jaką maksymalną prędkością może on wylatywać z owej pompki po silnym naciśnięciu tłoka?  
Rozwiązanie na str. 3

**F 706.** Z jaką prędkością człowiek może „wydychać” powietrze przez fajkę (pływalkę)?  
Rozwiązanie na str. 4

Redaguje Waldemar POMPE

**M 1189.** Na płaszczyźnie znajdują się koła o rozłącznych wnętrzach, przy czym każde koło jest styczne do co najmniej sześciu spośród pozostałych kół. Udowodnić, że kół tych jest nieskończenie wiele.  
Rozwiązanie na str. 23

**M 1190.** Rozstrzygnąć, czy istnieje na płaszczyźnie skończona liczba kół o rozłącznych wnętrzach, z których każde jest styczne do pewnych pięciu spośród pozostałych kół.  
Rozwiązanie na str. 11

**M 1191.** Dana jest liczba nieparzysta  $a > 3$ . Wykazać, że liczba  $a^{2^n} - 1$  ma co najmniej  $n + 1$  różnych dzielników pierwszych.  
Rozwiązanie na str. 24