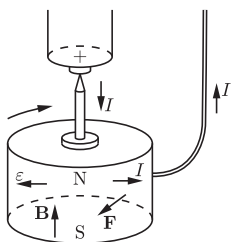
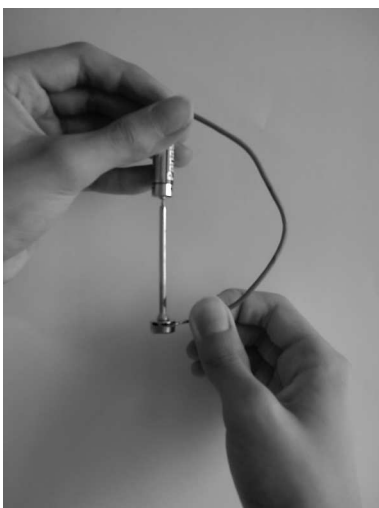


Rys. 1. Budowa silnika z wirującym magnesem; 1 – magnes neodymowy, 2 – gwóźdź stalowy, 3 – bateria okrągła, 4 – dodatni biegun baterii, 5 – giętki przewód.



Rys. 2. Wyjaśnienie zasady działania silnika z wirującym magnesem; I – natężenie prądu, \mathbf{B} – indukcja pola magnetycznego, \mathbf{F} – siła elektrodynamiczna, ϵ – siła ponderomotoryczna (przeciwelektromotoryczna).

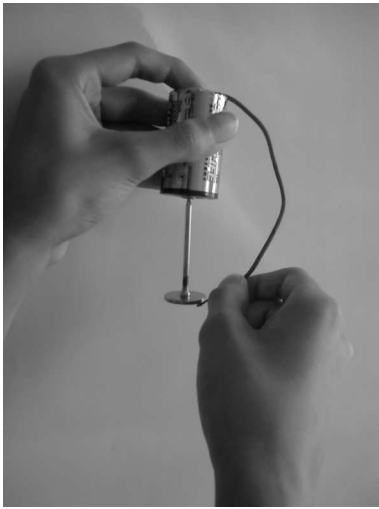


Fot. 1. Silnik unipolarny, zbudowany przy użyciu najmniejszej, okrągłej baterii R3, tzw. małego paluszka.

Z silnikami elektrycznymi spotykamy się na co dzień w bardzo wielu urządzeniach. Niewielki silnik elektryczny można kupić już w cenie poniżej 10 zł. Czy ma więc sens jego samodzielne budowanie? Jak najbardziej! Istnieją bardzo interesujące i proste silniki unipolarne (czasem nazywa się je też homopolarnymi), w których ruch obracającego się elementu (wirnika) zachodzi w pobliżu tylko jednego bieguna magnesu. W naszym otoczeniu znajduje się wiele przedmiotów i materiałów codziennego użytku, które pozwolą nam zbudować kilka modeli silników unipolarnych i, co ważniejsze, przeprowadzić z nimi eksperymenty ilustrujące ważne prawa fizyki. Nie będzie przy tym potrzeby żmudnego nawijania uzwojeń. Do przeprowadzenia proponowanych w tym odcinku doświadczeń wystarczy przygotować: dowolną okrągłą baterię (alkaliczną lub zwykłą), walcowy magnes neodymowy, kawałek przewodu elektrycznego, stalowy gwóźdź lub wkręt. Wszystkie nowe baterie dają napięcie około 1,5 V i, co dla nas ważne, mają chroniącą przed wyciekami elektrolitu obudowę ze stalowej blachy, która dodatkowo zapewni utrzymanie elementów silnika w wyniku przyciągania magnetycznego. Przewód elektryczny powinien mieć długość kilkunastu centymetrów i odizolowane końce. Najlepiej, by był giętki, czyli zrobiony z linki skręconej z cienkich drucików miedzianych, chociaż może też być to zwykły kawałek drutu, byle nie stalowego. Walcowe magnesy neodymowe można kupić w sklepie z artykułami elektronicznymi lub elektrotechnicznymi. Ich średnica i wysokość może wahać się od kilku milimetrów do kilku centymetrów. Ceny mniejszych magnesów wynoszą kilka złotych za sztukę. Magnesy te pokryte są cienką powłoką z niklu, przez co mają srebrzysty połysk. Warstwa ta zabezpiecza je przed szkodliwym działaniem powietrza, ponieważ są one wykonywane ze sproszkowanych, sprasowanych i spieczonych razem pierwiastków – żelaza, neodymu i boru – mogących łatwo wchodzić w reakcje z niektórymi składnikami atmosfery. Najlepiej tak dobrać średnicę magnesu, żeby była zbliżona do średnicy baterii.

Posługując się większymi magnesami neodymowymi, należy zachować ostrożność: nie zbliżać ich do dużych lub grubych przedmiotów ferromagnetycznych (stalowych lub żelaznych) ani też różnoimiennymi biegunami ku sobie, ponieważ magnesy te zostaną silnie przyciągnięte i trudno je będzie oderwać. Żeby zapobiec przypadkowemu przyciągnięciu, nieużywane magnesy należy rozdzielać nieferromagnetycznymi przekładkami (kawałki sklejk, styropianu lub grubej tektury) lub owijać tzw. folią bąbelkową. Materiał (spiek), z którego zrobione są magnesy, jest kruchy i może pęknąć przy uderzeniu, może też odwarstwić się niklowa powłoka. Uderzenia lub ogrzewanie magnesów powodują też pogorszenie ich właściwości magnetycznych. Nie należy też zbliżać magnesów do urządzeń elektronicznych, zwłaszcza do zegarków. Ponadto osoby mające wszczepione różnego rodzaju urządzenia medyczne (rozzruszniki serca, pompy do dozowania leków, metalowe stenty, endoprotezy stawów, implanty ortopedyczne i stomatologiczne) powinny zasięgnąć porady lekarza przed używaniem silnych magnesów. Należy je też trzymać z daleka od magnetycznych nośników danych. Używanie silnych magnesów jest bezpieczne, jeżeli zachowuje się elementarne środki ostrożności. Zresztą, namagnesowany zegarek można łatwo rozmagnesować, umieszczając go na kilkadziesiąt sekund w pętli z grubego, miedzianego drutu, przykręconej w miejsce grota do zasilanej z sieci lutownicy transformatorowej. Wiele implantów medycznych jest obecnie wykonywanych z materiałów nieferromagnetycznych – tytanu lub stali o dwóch podsieciach krystalicznych, magnesujących się w przeciwne strony i niewykazujących przez to wypadkowego namagnesowania. Z takiej stali produkuje się też koperty droższych zegarków.

Po tych niezbędnych uwagach wstępnych pora na doświadczenia. Do środka płaskiej powierzchni magnesu przykładamy łepkę gwóźdź, a jego ostrym końcem dotykamy dodatniego bieguna baterii trzymanej pionowo, tak jak na rysunku 1. Dzięki stalowej obudowie ostry koniec gwóźdź zostanie przyciągnięty do baterii i gwóźdź wraz z magnesem będą zwisały. Trzymając baterię w pobliżu jej ujemnego bieguna, przyciskamy palcem do tego bieguna



Fot. 2. Silnik unipolarny, w którym wykorzystano okrągłą baterię typu R20.

jeden koniec odizolowanego przewodu. Pozostały koniec przewodu ujmujemy palcami drugiej ręki i przykładamy do bocznej powierzchni magnesu. Co zauważamy? Okazuje się, że magnes wraz z gwoździem zaczyna się szybko obracać. Zasadę działania tego silnika wyjaśnia rysunek 2. Od dodatniego bieguna baterii, przez gwoździe, niklową powłokę magnesu (spiek jest praktycznie izolatorem) i przewód płynie prąd elektryczny do ujemnego bieguna baterii. Prąd płynący wzdłuż promienia magnesu znajduje się w prostokątnym do niego polu magnetycznym, dzięki czemu powstaje siła elektrodynamiczna, styczna do powierzchni magnesu i prostopadła do kierunku prądu. To jej moment obraca magnes. W obracającym się magniesie indukowana jest też siła ponderomotoryczna, skierowana przeciwnie do siły elektromotorycznej baterii.

Posługując się tym zestawem, warto zbadać, czy zmieni się kierunek obrotu magnesu, gdy ostrze gwoździa zetkniemy z dodatnim biegunem baterii, a w następnym doświadczeniu jego łepkę przyłożymy do przeciwległej powierzchni magnesu – odwrócimy kolejno bieguny magnesu albo ogniwa. Warto też zobaczyć, czy na szybkość obrotu magnesu wpływa zmiana miejsca przyłożenia końca przewodu do powierzchni magnesu. Należy przyłożyć ten koniec w połowie wysokości i w pobliżu brzegów bocznej powierzchni magnesu, a następnie do dowolnego miejsca na jego płaskich powierzchniach. Jeżeli mamy kilka baterii lub magnesów oraz gwoździ lub wkrętów o różnych długościach i grubościach, to również warto je wykorzystać do sprawdzenia, jak zmiany właściwości tych elementów wpłyną na działanie naszego silnika. Dwa przykłady silników unipolarnych, zbudowanych przy użyciu baterii i magnesów neodymowych o różnych rozmiarach, przedstawiają fotografie 1 i 2.

W opisanych tu silnikach sumaryczny opór drutu, gwoździa i powłoki magnesu jest bardzo mały, więc bateria pracuje „na zwarcie” i płynie przez nią prąd elektryczny o znacznym natężeniu (nawet do 4 A dla baterii R20). Z tego powodu następuje nagrzewanie się elementów silnika, w tym również baterii. Pobieranie z baterii dużego prądu powoduje szybkie jej zużycie, dlatego ciągła praca silnika nie powinna trwać dłużej niż 2–3 minuty. Dla przedłużenia przydatności baterii należy robić kilkuminutowe przerwy między kolejnymi uruchomieniami silnika. Uwagi te dotyczą również wszystkich innych silników unipolarnych, które zostaną opisane w dwóch następnych artykułach z tego cyklu.

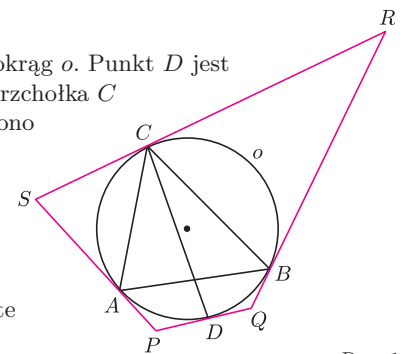


Zadania

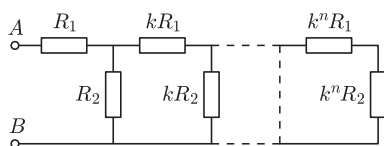
Redaguje Tomasz TKOCZ

M 1336. Na trójkącie ostrokątnym ABC opisano okrąg o . Punkt D jest punktem przecięcia środkowej poprowadzonej z wierzchołka C z okręgiem o . W punktach A, B, C i D poprowadzono styczne do o , które wyznaczyły czworokąt $PQRS$ (rys. 1). Udowodnić, że na czworokącie $PQRS$ można opisać okrąg wtedy i tylko wtedy, gdy trójkąt ABC jest równoramienny.

Rozwiązanie na str. 9



Rys. 1



Rys. 2

M 1337. Udowodnić, że nie istnieją liczby całkowite a, b, c spełniające $a^{2012} + b^{2012} - 8c^{1006} = 6$.

Rozwiązanie na str. 15

M 1338. Znaleźć najmniejszą liczbę całkowitą dodatnią k o następującej własności: w każdym k -elementowym podzbiore zbioru $\{1, 2, \dots, 2012\}$ znajdują się dwie liczby, których suma lub różnica wynosi 671.

Rozwiązanie na str. 9

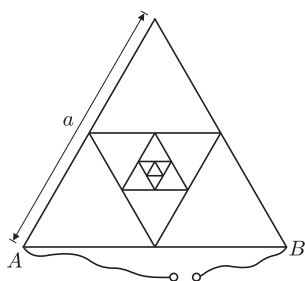
Redaguje Ewa CZUCHRY

F 803. Układ pokazany na rysunku 2 składa się z bardzo dużej ilości rezystorów. Ich opór jest w każdym oczku k razy większy niż w poprzednim. Znaleźć opór między punktami A i B . Opory w pierwszym oczku sieci wynoszą R_1 oraz R_2 .

Rozwiązanie na str. 7

F 804. Wyznaczyć opór R_{AB} między punktami A i B układu zbudowanego z cienkiej przewodzącej siatki (rysunek 3). Przyjąć, że liczba zmniejszających się oczek siatki jest bardzo duża. Długość boku trójkąta jest równa a , a gęstość liniowa drutu, z którego zrobiona jest siatka, wynosi ρ .

Rozwiązanie na str. 15



Rys. 3