Żyjemy zanurzeni w polu elektromagnetycznym (w skrócie E-M), którego składową jest pole magnetyczne. Jest to fizyczna realność, z której nauczyliśmy się obficie korzystać. Ludzie konstruują rozmaite urządzenia, jak np. radio, TV, telefony komórkowe, kuchenki mikrofalowe i wiele innych wykorzystujących pola E-M. Obecnie nie sposób wręcz znaleźć urządzenie, które nie wykorzystuje fal elektromagnetycznych. Pola magnetyczne czy fale E-M używane są w medycynie w diagnostyce i terapii. Niektóre zwierzęta, jak pszczoły i gołębie, w sposób wyrafinowany wykorzystują pola magnetyczne do orientacji w terenie. W tym zeszycie prezentujemy nietypowe zastosowanie pola magnetycznego jako „butelki" na naładowane cząstki. W pułapce z pola magnetycznego można też przechowywać neutralne atomy, ponieważ zachowują się jak „mini-magnesiki". Czytając ten zeszyt macie okazję dowiedzieć się skąd pochodzi pole magnetyczne Słońca i jego planet. Dowiecie się też, co to jest *grafen* oraz będziecie mogli poćwiczyć wyobraźnię dotyczącą wielkich liczb. Zapraszamy do lektury.

Z.G-M

Spis treści

Butelka magnetyczna, czyli o tym, jak uwięzić naładowane cząsteczki 1
Antywodór złapany w butelce-pułapce magnetycznej 6
Nagroda Nobla z fizyki 2010 za nową odmianę węgla – przeźroczystą, przewodzącą, superwytrzymałą.....7
O polu magnetycznym gwiazd i planet 8
O magnesach pytań kilka 11
Wielkie liczby wokół nas 13
Waga kuchenna jako siłomierz do pomiaru siły wyporu 18
Po co człowiekowi dwoje oczu?.....20

Komunikaty

FENIKS – długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomagania fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo-technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów.

Projekt współfinansowany jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

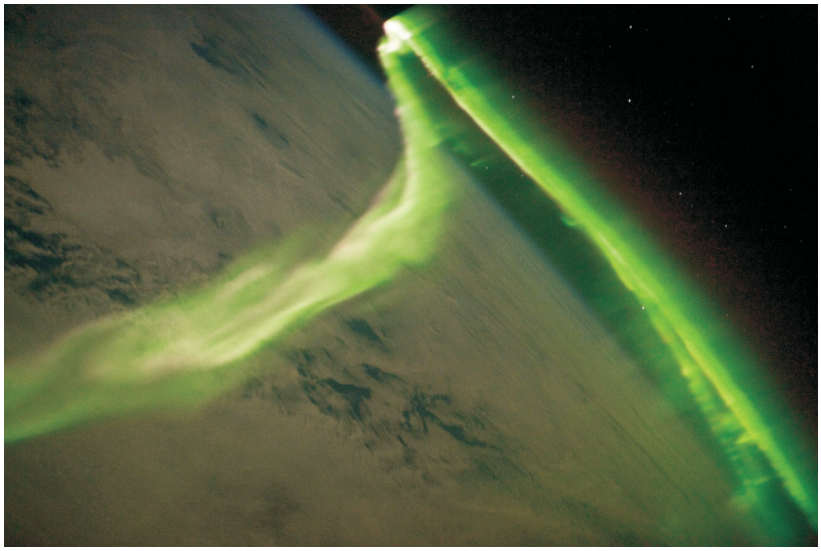
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Człowiek – najlepsza inwestycja

Druk czasopisma współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

Butelka magnetyczna, czyli o tym, jak uwięzić naładowane cząsteczki

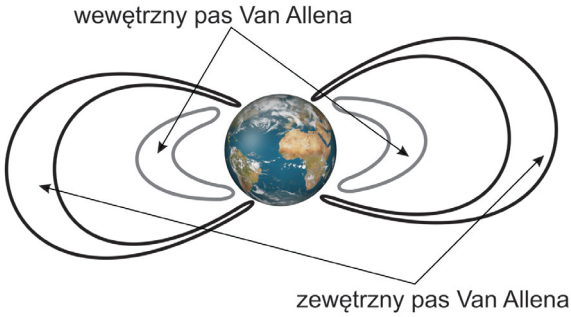
Każdy z czytelników widział kiedyś z pewnością zdjęcia zorzy polarnej. Przepiękne wielobarwne kurtyny falujące na niebie w czasie trwania tego zjawiska wywierają niezapomniane wrażenie. Dlaczego jednak obserwuje się je jedynie na dalekiej północy? Dlaczego mieszkańcy Zakopanego czy nawet Szczecina są pozbawieni tego wyjątkowego spektaklu?



Zdjęcie zorzy polarnej wykonane z pokładu międzynarodowej stacji kosmicznej

Okazuje się, że czasami zorzę polarną można zaobserwować również na niższych szerokościach geograficznych, jednak nie zwiastuje to niczego dobrego. Przykładowo, w pierwszych dniach września 1859 roku zorze polarne można było podziwiać nawet w Rzymie, na Kubie i na Hawajach, ale towarzyszyły im również liczne pożary będące skutkiem spięć na liniach telegraficznych. Zorze polarne daleko od biegunów są bowiem świadectwem tzw. **burz magnetycznych**, które są skutkiem gwałtownych procesów zachodzących od czasu do czasu na Słońcu. Nawet w okresach normalnej aktywności Słońca w każdej sekundzie w pobliże Ziemi docierają miliardy bardzo szybkich, naładowanych cząstek. Strumień tych cząstek nosi nazwę **wiatru słonecznego**. Podczas burz magnetycznych intensywność wiatru słonecznego gwałtownie wzrasta.

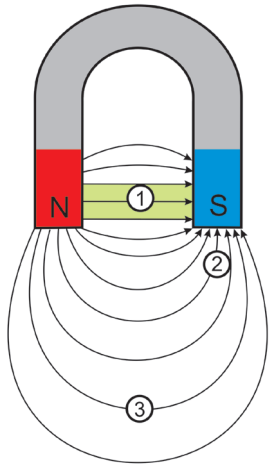
Cząsteczki wchodzące w skład wiatru słonecznego są bardzo szkodliwe dla żywych organizmów. Po wniknięciu do wnętrza ciała, uszkadzają one bowiem komórki tworzące tkanki i narządy. Na szczęście Ziemia posiada naturalny system zabezpieczeń przed wiatrem słonecznym w postaci tzw. **magnetosfery** (rys. 1). System ten zawdzięcza swoje istnienie ziemskiemu polu magnetycznemu. Dzięki niemu wokół Ziemi rozciąga się obszar (zwany **pasami Van Allena**), w którym cząsteczki wiatru słonecznego zostają uwięzione i dzięki temu nie docierają do powierzchni Ziemi.



Rys. 1. Ziemska magnetosfera z zaznaczonymi pasami Van Allena

Żeby dobrze zrozumieć, w jaki sposób dochodzi do uwięzienia cząstek wiatru słonecznego w ziemskiej magnetosferze, przyjrzyjmy się, w jaki sposób pole magnetyczne wpływa na ruch naładowanych cząstek.

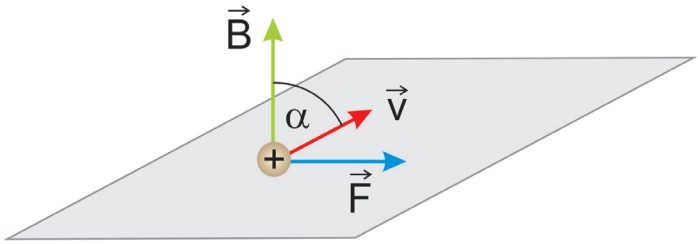
Załóżmy na początek, że mamy do czynienia z jednorodnym polem magnetycznym, na przykład takim, jakie istnieje pomiędzy biegunami magnesu w kształcie podkowy.



Rys. 2. Pole magnetyczne magnesu stałego. Zielonym kolorem zaznaczono obszar pola jednorodnego

Pole magnetyczne przedstawia się za pomocą linii zwanych **liniami pola**. Linie te wskazują kierunek i zwrot wektora indukcji magnetycznej ($\vec{B}$) w każdym jego punkcie. Tam, gdzie pole jest jednorodne linie te mają postać równoległych prostych ułożonych w jednakowych odstępach (obszar 1 na rys. 2). W przypadku niejednorodnego pola magnetycznego gęstość linii świadczy o intensywności pola w danym miejscu: tam gdzie linie leżą blisko siebie (obszar 2) pole ma większe natężenie niż w miejscach, gdzie odstępy między liniami są większe (obszar 3).

Jeśli w obszar pola magnetycznego wpuścimy naładowaną cząstkę to będzie na nią działać siła zwana **siłą Lorentza** (rys. 3). Siła ta jest zawsze prostopadła do kierunku ruchu cząstki i kierunku indukcji pola magnetycznego. W jaki sposób siła ta wpływa na ruch cząstki? Wyobraźmy sobie, że razem z cząstką wpadamy z prędkością $\vec{v}$ w obszar pola magnetycznego o indukcji $\vec{B}$ skierowanej pionowo ku górze. Siła Lorentza będzie w tym wypadku skierowana poziomo, a jej zwrot będzie zależał od znaku ładunku: cząstka dodatnia będzie ściągana na prawo, a cząstka ujemna – na lewo. Ponieważ siła Lorentza jest zawsze prostopadła do wektora prędkości, to cząstka pod wpływem tej siły będzie coraz bardziej zbaczać z pierwotnego kursu, poruszając się po torze kołowym w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku pola magnetycznego. Promień zataczanego okręgu będzie tym mniejszy, im większa będzie indukcja pola magnetycznego.



Rys. 3. Siła Lorentza działająca na cząstkę o ładunku dodatnim w pionowym polu magnetycznym skierowanym ku górze

Wartość siły Lorentza można wyliczyć z następującego wzoru:

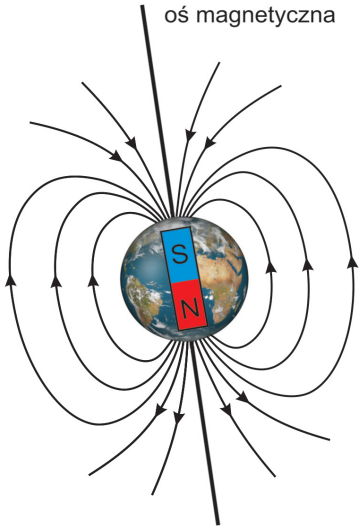
$$F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha,$$

gdzie q oznacza ładunek cząstki, a α to kąt między kierunkiem prędkości a kierunkiem indukcji pola magnetycznego. Możemy z tego wywnioskować, że jeśli cząstka wpadnie w obszar pola magnetycznego równolegle do linii pola ($\alpha = 0°$, $\sin\alpha = 0$), to siła Lorentza będzie w tym wypadku równa zeru i tor cząstki nie ulegnie zmianie. Natomiast największa możliwa siła będzie działać na cząstkę wpadającą w obszar pola pod kątem prostym ($\alpha = 90°$, $\sin\alpha = 1$). Dla dowolnego kąta zawartego pomiędzy tymi dwoma skrajnościami ruch cząstki będzie złożeniem ruchu prostoliniowego z ruchem po okręgu, co w efekcie daje tor o kształcie linii śrubowej (rys. 4).



Rys. 4. Ruch cząstki naładowanej po torze śrubowym w polu magnetycznym

Wróćmy teraz do naładowanych cząstek wpadającego w obszar ziemskiego pola magnetycznego. Pole ziemskie ma w przybliżeniu kształt pola magnesu sztabkowego i skierowane jest z południa na północ (rys. 5).



Rys. 5. Pole magnetyczne Ziemi

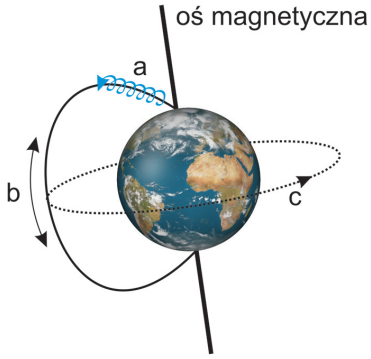
Cząsteczki wiatru słonecznego trafiające w obszar tego pola zostają uwięzione w tzw. **pasach radiacyjnych** (pasach Van Allena). Wyróżnia się przy tym pas zewnętrzny, rozciągający się w odległości od około 12 000 do 60 000 km nad powierzchnią Ziemi, oraz pas wewnętrzny zajmujący obszar od wysokości około 600 km do 6000 km. Pomiędzy tymi pasami znajduje się obszar względnie pozbawiony cząstek i to właśnie tam umieszcza się zwykle sondy kosmiczne oraz satelity. Cząsteczki wiatru słonecznego zostają uwięzione w zewnętrznym pasie Van Allena. Natomiast cząstki wchodzące w skład pasa wewnętrznego są produktami reakcji zachodzących pomiędzy promieniowaniem kosmicznym i ziemską atmosferą.

W zależności od energii, masy oraz ładunku cząstki zajmują różne obszary w pasach radiacyjnych. Jednak wszystkie one poruszają się w podobny sposób. Dla przykładu zajmiemy się analizą ruchu elektronu o szybkości kilkudziesięciu tysięcy kilometrów na sekundę. Ponieważ kierunek, pod jakim wpada on w obszar ziemskiego pola magnetycznego jest dowolny, jego ruch można opisać jako złożenie dwóch ruchów: ruchu śrubowego wokół linii ziemskiego pola magnetycznego oraz powolnego dryftu dookoła Ziemi (rys. 6).

Śrubowa trajektoria wynika z działania siły Lorentza – na skutek tego elektron porusza się po okręgu o promieniu rzędu kilometra, jednocześnie przemieszczając się wzdłuż linii pola pomiędzy ziemskimi biegunami geomagnetycznymi. Ale co dzieje się po tym jak cząstka dotrze w pobliże bieguna? Otóż na wysokości około 300 km nad powierzchnią Ziemi elektron ulega wyhamowaniu, po czym zmienia kierunek ruchu, podążając w kierunku przeciwnego bieguna. Dzieje się tak dlatego, że ziemskie pole magnetyczne nie jest jednorodne. Im bliżej bieguna, tym linie pola stają się gęstsze i przemieszczający się w takim niejednorodnym obszarze elektron doświadcza działania dodatkowej siły. Siła ta wypycha cząstkę w kierunku bardziej jednorodnego pola magnetycznego, a więc z dala od bieguna. Zjawisko to nosi nazwę **efektu zwierciadła magnetycznego**. Na skutek „magnetycznego odbicia" elektron ulega bowiem wyhamowaniu po czym rozpoczyna podróż w kierunku przeciwnego bieguna geomagnetycznego, gdzie cała historia się powtarza. Ziemskie pole magnetyczne umożliwia więc uwięzienie cząstek pomiędzy zwierciadłami magnetycznymi, znajdującymi się w pobliżu biegunów. Taki układ dwóch zwierciadeł nazy-

wa się czasami **butelką magnetyczną**. W efekcie naładowane cząstki przemieszczają się tam i z powrotem pomiędzy biegunami, przy czym dla naszego przykładowego elektronu okres takich oscylacji wynosi kilka sekund.

Pozostaje jeszcze wyjaśnić skąd bierze się powolny dryf cząstek wokół naszej planety, skutkiem czego naładowane cząstki nie poruszają się stale wzdłuż tego samego południka. Ponieważ pod wpływem siły Lorentza cząstki zataczają sporej wielkości okręgi, to raz znajdują się one bliżej, a raz dalej od powierzchni Ziemi. A ponieważ ziemskie pole magnetyczne maleje z wysokością, oznacza to, że tak naprawdę zamiast po okręgach,



Rys. 6. Ruch cząstki naładowanej w obrębie pasa radiacyjnego: a) ruch śrubowy wzdłuż linii pola magnetycznego, b) oscylacyjny ruch pomiędzy biegunami geomagnetycznymi, c) dryft wokół Ziemi

cząstki krążą po bardziej skomplikowanych krzywych. Promień zataczanego przez cząstkę łuku jest bowiem nieco mniejszy kiedy cząstka jest bliżej Ziemi i większy, kiedy cząstka przemieszcza się dalej od powierzchni planety. Tak więc za każdym razem, kiedy elektron oddalony jest od powierzchni globu, przemieszcza się trochę dalej w kierunku wschód-zachód niż w kierunku przeciwnym, kiedy znajduje się bliżej Ziemi. Te minimalne różnice akumulują się stopniowo i prowadzą do tego, że cząstki wędrują w obrębie pasów Van Allena ze wschodu na zachód lub z zachodu na wschód, wykonując co kilka dni pełne okrążenie wokół Ziemi.

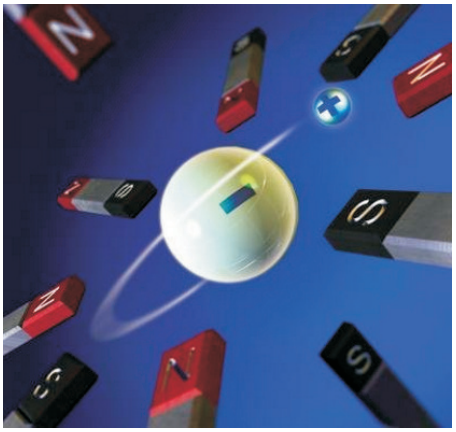
Na koniec powróćmy jeszcze do kwestii zorzy polarnej i burz magnetycznych. Co to właściwie jest zorza? Otóż, mimo że zwierciadła magnetyczne bardzo efektywnie odbijają naładowane cząstki zdarza się, że część z nich przedostaje się do atmosfery. Takie rozpędzone cząstki zderzając się z atomami w atmosferze pobudzają je do świecenia. Tak wiec to, co podziwiamy jako „światła północy", to świadectwo o „przecieku" szybkich naładowanych cząstek przez ochronną warstwę pasów radiacyjnych. Podczas burz magnetycznych układ linii ziemskiego pola magnetycznego ulega zmianie, a z nim położenie pasów Van Allena. Dlatego sondy kosmiczne i satelity, w normalnych warunkach znajdujące się w bezpiecznym obszarze pomiędzy pasami radiacyjnymi, czasem nagle znajdują się w samym centrum obszaru bombardowanego przez cząstki wiatru słonecznego. Ponieważ prowadzi to do uszkodzeń sprzętu oraz do zakłóceń w komunikacji, konieczne jest ciągłe śledzenie tzw. **pogody kosmicznej**, czyli warunków panujących w przestrzeni kosmicznej otaczającej Ziemię. W tym celu naukowcy zajmują się nieustannym śledzeniem procesów zachodzących na Słońcu, po to by móc przewidzieć wszelkie anomalie i przeciwdziałać z wyprzedzeniem ich potencjalnym skutkom.

KC

Antywodór złapany w butelce-pułapce magnetycznej

W pułapce magnetycznej można umieszczać nie tylko naładowane cząstki, lecz również i takie, które mają moment magnetyczny, czyli zachowują się jak małe magnesiki.

Ostatnio uczonym w CERNie, grupie ALPHA, udało się utworzyć antyatomy wodoru zbudowane z ujemnych jąder antyprotonów oraz z dodatniego antyelekronu czy z pozytonu. 38 takich antyatomów zamrożono w próżni i umieszczono w pułapce magnetycznej. Próżnia ta musi być najwyższej próby, ponieważ zetknięcie się antyatomów z normalną materią, czyli z drobinami powietrza, czy ścianami naczynia, powoduje natychmiastową jej anihilację, czyli unicestwienie i rozbłysk promieniowania. Uczonym udało się utrzymać wytworzone atomy przez stosunkowo długi czas, bo około 0,1 sekundy.

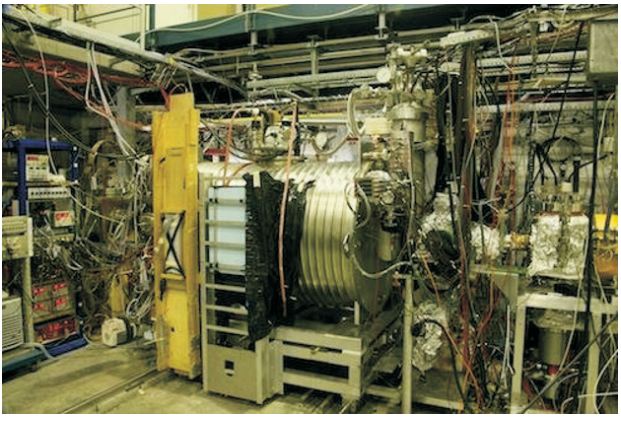


Model atomu antywodoru w pułapce magnetycznej

Oczywiście anihilująca antymateria nikomu w niczym nie zagraża. Ilość wytworzonej antymaterii 38 atomów należy porównać z olbrzymią ilością atomów tworzących jeden mol materii (rzędu 10^{24}, por. artykuł o dużych liczbach). W CERNie nigdy nie będziemy w stanie wytworzyć takiej ilości antymaterii, by jej anihilacja czemuś zagrażała. Choć należy stwierdzić, że jeden anihilujący mol wytworzyłby energię przewyższającą energię wybuchu bomby zrzuconej na Hiroszimę.

Z nieznanych nam powodów natura pozbyła się antymaterii. Odpowiedź, jakie to powody, jest wyzwaniem dla fizyków. Urządzenia eksperymentu ALPHA pozwolą następnie badać stabilne atomy antywodoru. Dzięki nim sprawdzi się, czy antymateria ma jakieś tajemnice, czy raczej zachowuje się dokładnie tak jak materia.

Z.G-M



Aparatura naukowa eksperymentu ALPHA
http://technologie.gazeta.pl/internet/51,104530,8685033.html?i=1

Nagroda Nobla z fizyki 2010 za nową odmianę węgla – przeźroczystą, przewodzącą, superwytrzymałą

Tegoroczną Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki otrzymali Andriej Gejm i Konstantin Nowosiołow za prace dotyczące **grafenu** – odkrytej w 2004 nowej odmiany węgla.

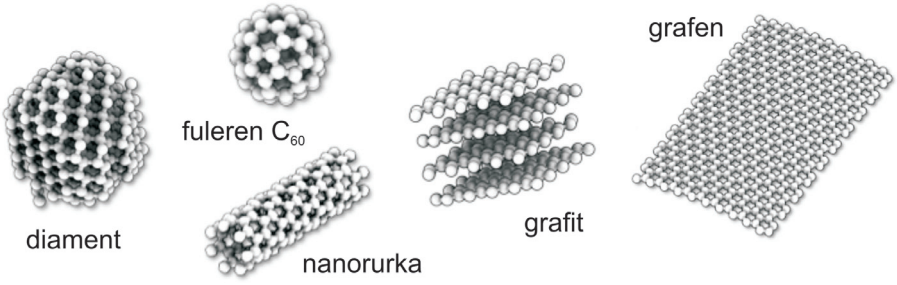


Andriej Gejm



Konstantin Nowosiołow

Węgiel, podobnie jak i inne pierwiastki, może występować w kilku formach różniących się właściwościami fizycznymi i chemicznymi. Formy te zwane są *odmianami alotropowymi*. Najbardziej znanymi odmianami węgla są: **diament**, **fulereny** oraz **grafit**.



Rys. 1. Odmiany alotropowe węgla

Diament tworzy regularną sieć krystaliczną i jest najtwardszym materiałem występującym w przyrodzie. **Fuleren** to cząsteczka składająca się z wielu pięcio- lub sześciokątnych pierścieni atomów węgla, ułożonych w kształt pustej w środku bryły. Fulereny mogą mieć m.in. postać „piłek futbolowych", „piłek do rugby", wielowarstwowych „nanocebulek" oraz „nanorurek". Cząsteczki te, których odkrycie uhonorowano w 1996 roku Nagrodą Nobla z chemii, badane są obecnie pod kątem praktycznych zastosowań (m.in. w nanotechnologii oraz medycynie). **Grafit** zbudowany jest z równoległych warstw atomów węgla tworzących sześciokątne komórki. Jest to materiał miękki, giętki i ma bardzo dobre właściwości smarujące. Sześć lat temu do tej grupy dołączył **grafen**, w którym atomy węgla tworzą

jednoatomowe płaskie warstwy przypominające kształtem plastry miodu. Grafen odpowiada więc wyizolowanej pojedynczej warstwie grafitu. Od czasu jego odkrycia, na temat grafenu opublikowano ponad 50 000 prac naukowych. Materiał ten ma bowiem wyjątkowe właściwości, które otwierają nowe perspektywy badań naukowych oraz pozawalają marzyć o innowacyjnych zastosowaniach w przemyśle.

Grafen jest jednym z najbardziej wytrzymałych, a jednocześnie najlżejszych spośród znanych nam materiałów. Przy tym jest on dość elastyczny. Takich właściwości mechanicznych poszukują między innymi konstruktorzy pojazdów, pozwalają one bowiem budować coraz lżejsze i coraz bardziej odporne na uszkodzenia maszyny. Grafen jest też bardzo dobrym przewodnikiem cieplnym i elektrycznym. Z tego względu myśli się o zastąpieniu w przyszłości układów scalonych opartych na krzemie przez układy zbudowane z grafenu. Naukowcy badają w tej chwili grafenowe tranzystory o wielkości 1 nm oraz grafenowe kondensatory pozwalające na zmagazynowanie wyjątkowo dużej ilości energii. Materiał ten jest również prawie całkowicie przeźroczysty, co w połączeniu z doskonałym przewodnictwem elektrycznym i właściwościami mechanicznymi umożliwia jego zastosowanie w wyświetlaczach dotykowych oraz bateriach słonecznych.

Z punktu widzenia „czystej fizyki" zainteresowanie naukowców wzbudza możliwość badania efektów relatywistycznych, związanych z bardzo dużą prędkością elektronów w warstwie grafenu. Naukowcy żartują sobie, że dzięki temu będą mogli „na biurku" w laboratorium przeprowadzać eksperymenty podobne do tych w CERNie. Z niecierpliwością czekamy więc na kolejne odkrycia, które staną się możliwe dzięki grafenowi.



KC

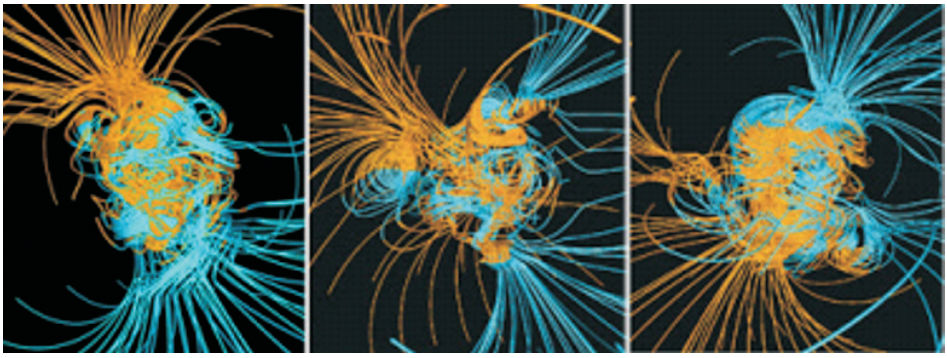
O polu magnetycznym gwiazd i planet

Prawie wszystkie zbadane gwiazdy i planety posiadają pola magnetyczne. Szczególnie dobrze poznano właściwości pół magnetycznych Ziemi i Słońca. Pole magnetyczne zazwyczaj ma postać dipola, podobnie jak stałe magnesy używane powszechnie do różnych celów. Bieguny magnetyczne są położone na ogół blisko biegunów geograficznych, co wskazuje na związek obrotu planety z wytwarzaniem pola magnetycznego. Pole magnetyczne rotuje razem z wytwarzającym je ciałem, przynajmniej do pewnej odległości. Gdyby pole magnetyczne było sztywno związane z rotującym ciałem i obracało się z tą samą prędkością kątową, to na pewnej odległości liniowa prędkość przekroczyłaby prędkość światła c, a to jest niemożliwe. Opisując pulsary, czyli rotujące gwiazdy neutronowe, powierzchnię, na której prędkość pola magnetycznego musiałaby stać się równa c nazywamy **cylindrem świetlnym**.

Dokładne pomiary ziemskiego pola magnetycznego pokazują, że jest ono bardzo skomplikowane w szczegółach: występują anomalie, krótko- i długoczasowe zmiany oraz rozbieżności w stosunku do idealnej postaci dipola. Niezwykle uderzające są, bardzo dobrze udokumentowane na podstawie badań geologicznych, *przebiegunowania pola magnetycznego.* Zachodzą one nieregularnie co 100 tysięcy–2 miliony lat. Ostatnie miało miejsce 780 000 lat temu. W efekcie przebiegunowania pole magnetyczne przyjmuje podobną postać jak wcześniej, ale bieguny magnetyczne zamieniają się miejscami. Podobne zjawisko obserwujemy regularnie co 11 lat na Słońcu. Każdy kolejny cykl aktywności sło-

necznej jest związany z odwróceniem pola magnetycznego. Dlatego często za pełny cykl uważa się dwa cykle aktywności mierzonych liczbą plam, rozbłysków itp., po których pole magnetyczne wraca do pierwotnej orientacji.

Ziemskie pole magnetyczne jest niezbyt silne, jego indukcja wynosi od 30 do 60 μT (mikrotesli). Dla porównania, magnes neodymowy wytwarza w bliskich odległościach pole o indukcji rzędu 1 T. Pole to odgrywa jednak ogromną rolę chroniąc powierzchnię planety przed wiatrem słonecznym i innymi naładowanymi cząstkami pochodzenia kosmicznego. Wystarcza ono także do ustawienia namagnesowanej igły zgodnie z liniami sił pola, dzięki czemu możemy korzystać z kompasów magnetycznych. W okolicach biegunów magnetycznych linie pola stają się prostopadłe do powierzchni, dzięki czemu promieniowanie kosmiczne może docierać znacznie bliżej powierzchni wytwarzając efektowne zorze polarne. Pozycje biegunów magnetycznych zmieniają się w tempie sięgającym współcześnie od 10 do 40 km/rok [1].



Ilustracja 1. Przebiegunowanie pola magnetycznego uzyskane w symulacji ziemskiego dynama [4]. Symulacja komputerowa geodynama w 3D; autorzy: Gary A. Glatzmaier (University of California Santa Cruz) i Paul H. Roberts (University of California Los Angeles)

	Pole magnetyczne	Natężenie	Kąt pomiędzy polem i osią obrotu	Okres obrotu wokół osi	Zmiana biegunów (okres)
Merkury	dipolowe	0,3 μT	0°	59 dni	?
Wenus	brak	–	–	–243 dni	–
Ziemia	dipolowe	30...60 μT	11°	1 dzień	0,1–2 mln lat
Księżyc	nieregularne	0,001...0,1 μT	–	1 miesiąc	–
Mars	brak	–	–	1 dzień	w przeszłości?
Jowisz	dipolowe	0,4...1,4 mT	10°	10 godzin	?
Saturn	dipolowe	20 μT	0°	10 godzin	?
Uran	niecentralne	10...110 μT	59°	17 godzin	?
Neptun	kwadrupolowe	~14 μT	47°	16 godzin	?
Słońce	zmienne	~4 mT	zmienny	25–35 dni	11 lat
Gwiazdy neutronowe	dipolowe	10 GT	duży	0,01–10 sekund	?

Silne pola magnetyczne podobne do ziemskiego posiadają Jowisz i Saturn, które są planetami szybko rotującymi (tabelka). Natężenie pola magnetycznego Jowisza ustępuje w Układzie Słonecznym jedynie polu występującemu w okolicach plam słonecznych. Orientacyjne dane dotyczące innych obiektów podano w tabeli.

Pola magnetyczne planet i gwiazd są bardzo różnorodne. Można jednak zauważyć, że *brak* pola magnetycznego dotyczy ciał wolno rotujących, prawdopodobnie nieposiadających płynnych składników. Z drugiej strony, obracające się ciała gazowe (Jowisz, Słońce), lub ciała posiadające płynne jądra (Ziemia, Merkury), posiadają pola magnetyczne. Skrajnym przykładem są obracające się z okresami rzędu ułamków sekundy gwiazdy neutronowe: pulsary i magnetary. Ich pole magnetyczne jest tak silne, że gęstość energii w nim zawarta (po przeliczeniu zgodnie ze słynnym wzorem Einsteina $E = m\,c^2$ na masę), okazuje się większa niż ta niesiona przez „normalną" ziemską materię, np. ołów.

Standardowym wyjaśnieniem istnienia i właściwości pól magnetycznych obracających się płynnych ciał jest **teoria dynama**. Jej niezbędnym elementem jest źródło energii wymuszające radialne konwektywne strumienie płynu. Na Ziemi energia jest generowana w jądrze planety dzięki rozpadom promieniotwórczym, natomiast planety giganty czy magnetary zużywają zapasy ciepła zgromadzone w momencie narodzin. Gwiazdy produkują energię w reakcjach termojądrowych. Płyn musi przewodzić prąd elektryczny. Przykładowo, jądro Ziemi zawiera płynne żelazo, Jowisz metaliczny wodór. Zasadnicza idea działania dynama jest prosta i polega na wzmacnianiu istniejącego szczątkowego pola magnetycznego. Na ładunki znajdujące się w poruszającym się przewodzącym płynie działa siła, która wzbudza płynący prostopadle prąd. Prąd elektryczny generuje pole magnetyczne, które dodaje się do pierwotnie istniejącego. Szczegóły tego procesu wychodzą poza ramy opisu słownego [2–4]. Standardowym narzędziem do badania zjawiska dynama są symulacje w 3D przy użyciu największych superkomputerów. Dzięki takim modelom po wielu latach udało się nie tylko odtworzyć samo dipolowe pole magnetyczne, ale także jego przebiegunowanie [4].

Nie należy jednak ulegać złudzeniom: kompletna odpowiedź na pytanie, jak powstaje pole magnetyczne planet i gwiazd, ciągle nie jest znana. W szczególności żaden model nie jest w stanie wyliczyć zmierzonego 11-letniego cyklu zmian pola Słońca, ani przewidzieć kiedy nastąpi zamiana biegunów magnetycznych na Ziemi. Uważny czytelnik zauważy też inny problem. Otóż dynamo potrafi jedynie wzmacniać pole już istniejące. Pola magnetyczne są obecnie powszechne w Kosmosie, lecz w odległej przeszłości pole musiało powstać po raz pierwszy z niczego. Tego teorie typu dynama nie wyjaśniają. Przyszłe obserwacje i obliczenia dotyczące także innych gwiazd i planet pokażą, czy rotacja i konwekcja są nierozerwalnie związane z istnieniem pół magnetycznych, przebiegunowaniem oraz zweryfikują teorię dynama.

Dodatkowe informacje:

[1] http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2003/29dec_magneticfield/
[2] http://www.psc.edu/science/glatzmaier.html
[3] http://scienceblogs.com/highlyallochthonous/2008/03/where_the_earths_magnetic_fiel.php
[4] G.A. Glatzmaier and P.H. Roberts, *A three-dimensional self-consistent computer simulation of a geomagnetic field reversal*, Nature, 377, 203–209 (1995)

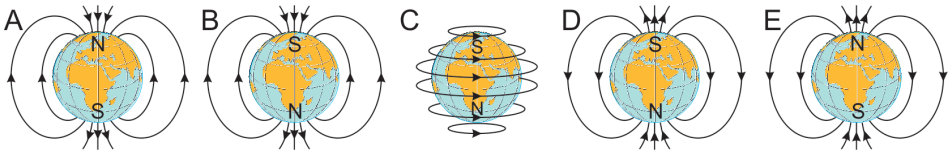
Andrzej Odrzywołek

O magnesach pytań kilka

1. Dlaczego magnes przyciąga nienamagnesowany kawałek żelaza?

2. Jak odróżnić dwie identycznie wyglądające metalowe sztabki, z których jedna jest namagnesowana, a druga nie? Nie mamy do dyspozycji żadnego innego przedmiotu.

3. Który rysunek poprawnie pokazuje ustawienie biegunów magnetycznych N i S oraz przebieg linii pola magnetycznego Ziemi?

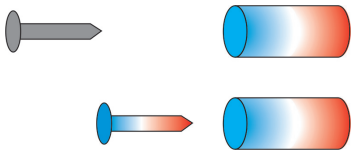


Rys. 1

4. Co otrzymamy, jeśli magnes przełamiemy na pół?

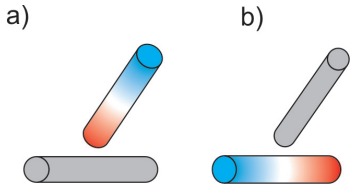
Odpowiedzi:

1. Niektóre materiały (na przykład żelazo) stają się magnesami, tzn. magnesują się, gdy znajdą się w polu magnetycznym (np. w pobliżu magnesu). Przy czym bliżej bieguna N magnesu powstaje biegun S namagnesowanego kawałka żelaza i na odwrót. Te różnoimienne bieguny magnetyczne magnesu i kawałka żelaza wzajemnie się przyciągają.



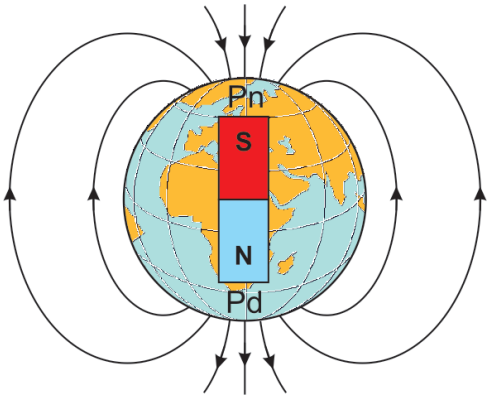
Rys. 2

2. Skorzystamy z faktu, że magnes najsilniej przyciąga na swoich końcach, czyli przy biegunach. Bierzemy do ręki jedną ze sztabek i przykładamy jej koniec w środku drugiej. Jeśli czujemy przyciąganie, to znaczy, że magnesem jest sztabka trzymana w ręce (rys. 3a). Jeśli przyciąganie nie występuje, lub jest słabe, to znaczy, że w dłoni trzymamy sztabkę nienamagnesowaną (rys. 3b).



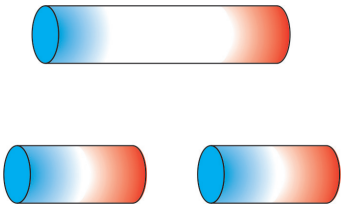
Rys. 3

3. Odp. **B**. Skoro północny (N) biegun igły magnetycznej wskazuje geograficzną północ Ziemi, to znaczy, że tam właśnie znajduje południowy (S) biegun magnetyczny! Natomiast w pobliżu geograficznego bieguna południowego znajduje się magnetyczny biegun N. Ten nielogiczny wydawałoby się fakt wynika z tego, że ten koniec igły magnetycznej, który wskazuje na północ nazwano N, a ten, który wskazuje na południe – S. W związku z tym, że przyciągają się bieguny różnoimienne, bieguny magnetyczne Ziemi są ułożone „na opak": N na południu, a S na północy. Ponadto linie magnetyczne na zewnątrz magnesu biegną od bieguna N do bieguna S.



Rys. 4

4. Gdy złamiemy magnes, otrzymamy dwa mniejsze magnesy. Każdy z nich będzie miał oba bieguny, czyli N i S. Fakt ten ma związek z tym, że nie istnieją pojedyncze bieguny magnetyczne (podobnie, jak nie istnieje patyk mający tylko jeden koniec).



Rys. 5

WZ



Wielkie liczby wokół nas

1. Jak sobie radzić z liczbami – olbrzymami i karzełkami?

Kiedy liczymy otaczające nas przedmioty i porównujemy ich wagę lub rozmiary, podajemy wyniki w postaci liczb. Mogą to być liczby całkowite, jak 1, 2, 5, lub 125, mogą to też być liczby ułamkowe podane w postaci zwykłej lub dziesiętnej, jak 1/2, 4/3, 1,3 lub 0,125. W tym drugim przypadku widzimy, że są wśród nich zarówno liczby większe, jak i mniejsze od jedynki. Zwykle jednak nie są one zbyt wiele razy mniejsze, ani większe, od jedynki.

Wynika to po prostu z możliwości naszych zmysłów. Jeśli nawet liczymy bardzo szybko, w ciągu godziny nie policzymy więcej, niż kilka tysięcy przedmiotów. Jeśli mierzymy długości dwóch prętów, stosunek ich długości też nie przekroczy zwykle podobnej wartości: nie umiemy zmierzyć długości znacznie mniejszej niż jeden milimetr, a nasz zasięg rąk nie przekracza dwóch metrów. Zatem w życiu codziennym rzadko spotykamy liczby mniejsze niż (powiedzmy) jedna stutysięczna lub większe niż sto tysięcy.

Jeśli nie porównujemy wagi (lub masy) albo rozmiarów dwóch przedmiotów, ale wyznaczamy je i wyrażamy w wybranych jednostkach, wynik zależy oczywiście od wyboru jednostek. Wybieramy je zwykle tak, aby otrzymać wynik między jedynką a setką. Nie mówimy więc, że kupujemy „pięćdziesiąt tysięcy gramów ziemniaków", tylko po prostu „pięćdziesiąt kilogramów ziemniaków"; nie wlewamy do wiadra „dziesięciu tysięcy centymetrów sześciennych wody", tylko „dziesięć litrów wody".

Aby objąć zakresem jednostek nie tylko rozmiary i masy otaczających nas przedmiotów, ale i obiekty mikroświata oraz ciała astronomiczne, ustalono prosty schemat nazw „jednostek pochodnych" wielokrotnie mniejszych lub większych od jednostki wyjściowej. Uzyskujemy je dodając przed nazwą jednostki przedrostek pochodzący z łaciny (dla ułamków jednostki wyjściowej) lub z greki (dla wielokrotności jednostki wyjściowej). Przedrostki te to:

decy (d): 0,1 = 10^{-1}	deka (da): 10 = 10^{1}
centy (c): 0,01 = 10^{-2}	hekto (h): 100 = 10^{2}
mili (m): 0,001 = 10^{-3}	kilo (k): 1000 = 10^{3}
mikro (μ): 0,000001 = 10^{-6}	mega (M): 1 000 000 = 10^{6}
nano (n): 0,000000001 = 10^{-9}	giga (G): 1 000 000 000 = 10^{9}
piko (p): 0,000000000001 = 10^{-12}	tera (T): 1 000 000 000 000 = 10^{12}
femto (f): 0,000000000000001 = 10^{-15}	peta (P): 1 000 000 000 000 000 = 10^{15}
atto (a): 0,000000000000000001 = 10^{-18}	eksa (E): 1 000 000 000 000 000 000 = 10^{18}
zepto (z): 0,000000000000000000001 = 10^{-21}	zetta (Z):1 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{21}
jokto(j): 0,000000000000000000000001 = 10^{-24}	jotta (Y):1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{24}

Zatem bilion (milion milionów, czyli 10^{12}) gramów, to jeden teragram (Tg), a jedna miliardowa, czyli 10^{-9} metra, to jeden nanometr (nm). Podobnie tworzymy nowe jednostki np. czasu: jedna tysięczna sekundy to jedna milisekunda (ms), a także wszelkich innych wielkości fizycznych.

Nie wszystkie te jednostki są naprawdę praktycznie używane: nikt właściwie nie nazywa miliona gramów „megagramem", skoro istnieje tradycyjna nazwa „tona"; nikt też nie używa dla długich okresów czasu nazw dużych wielokrotności sekundy, bo stosujemy tradycyjnie minuty, godziny, dni i lata. Zwykle mówimy też „litr", a nie „decymetr sześcienny". Jednak dla wielu wielkości fizycznych wszystkie te przedrostki są naprawdę potrzebne i wykorzystywane.

Zwróćmy też uwagę na to, jak pożyteczny jest zapis potęgowy wielkich liczb. Tradycyjnego zapisu nie używamy praktycznie dla liczb większych od miliona (10^6), bo bardzo trudno dla nich uniknąć pomyłki bez żmudnego „liczenia zer". Można oczywiście użyć nazw słownych, jakie utworzono dla całkowitych potęg tysiąca i miliona. Niestety do dziś Europa i Stany Zjednoczone używają tu różnych konwencji nazw, co grozi poważnymi nieporozumieniami. Odpowiednie nazwy zestawiono w poniższej tabelce:

Zapis potęgowy	Nazwa polska	Nazwa europejska	Nazwa amerykańska
10^6	milion	million	million
10^9	miliard	milliard	billion
10^{12}	bilion	billion	trillion
10^{15}			quadrillion
10^{18}	trylion	trillion	quintillion
10^{21}			sextillion
10^{24}	kwadrylion	quadrillion	septillion

Na paru przykładach zobaczymy, że tak wielkie liczby mogą pojawić się niespodziewanie w otaczającym nas „zwykłym" świecie.

2. Wielokrotne podwajanie

a) Zboże na szachownicy

Z czasów starożytnych przyszła do nas legenda o wynalazcy szachów, który upokorzył pysznego króla żądaniem pozornie skromnej nagrody za swój wynalazek: ziarenko zboża na pierwszym polu szachownicy, dwa na drugim, cztery na trzecim, osiem na czwartym i dalej aż do sześćdziesiątego czwartego pola na każdym dwukrotnie więcej, niż na poprzednim. Okazało się, że spichrze królestwa zawierają jedynie maleńką cząstkę żądanej nagrody.



Istotnie, oszacujmy liczbę żądanych ziarenek. W zapisie potęgowym możemy łatwo zapisać, że na *n*-tym polu należy położyć 2^{n-1} ziarenek (oczywiście $2^0 = 1$, a $2^1 = 2$). Suma liczb od 1 do 2^{63} to $2^{64} - 1$; łatwo tego dowieść mnożąc ją przez jedynkę zapisaną jako $1 = 2 - 1$ i używając wyprowadzonego w „Uzupełnieniu" podstawowego prawa mnożenia potęg

$$2^m \cdot 2^n = 2^{m+n},$$

z czego wynika w szczególności

$$2 \cdot 2^n = 2^{n+1}.$$

Wtedy każdy wyraz sumy 2^{n-1} pomnożony przez 2 da nam 2^n, a wyrazy pomnożone przez –1 zredukują się z nimi zostawiając w wyniku końcowym tylko dwa wyrazy:

$$(2 - 1) \cdot (1 + 2 + 4 + 8 + ... + 2^{62} + 2^{63}) =$$
$$= 2 + 4 + 8 + ... + 2^{63} + 2^{64} - 1 - 2 - 4 - 8 - ... - 2^{63} = 2^{64} - 1.$$

Jeśli nie chcemy korzystać z kalkulatora, możemy oszacować liczbę 2^{64} z niezłą dokładnością nawet w pamięci. Wystarczy obliczyć kilka pierwszych potęg dwójki:

$$2^2 = 4,\ 2^3 = 8,\ 2^4 = 16,\ 2^5 = 32,\ 2^6 = 64,\ 2^7 = 128,\ 2^8 = 256,\ 2^9 = 512,\ 2^{10} = 1024.$$

Zatem $2^{10} \cong 10^3$, a korzystając znów z prawa mnożenia potęg otrzymamy

$$2^{60} = 2^{10} \cdot 2^{10} \cdot 2^{10} \cdot 2^{10} \cdot 2^{10} \cdot 2^{10} \cong 10^3 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 10^3 = 10^{18},$$

więc szukana liczba to w przybliżeniu

$$2^{64} = 2^4 \cdot 2^{60} \cong 16 \cdot 10^{18}.$$

Zakładając, że ziarenko zboża waży ok. 0,07 grama (do dziś używa się w krajach anglosaskich jednostki wagi o zbliżonej wartości i nazwie „grain", czyli ziarenko) możemy oszacować masę żądanej ilości zboża na około 10^{18} grama, czyli bilion (milion milionów) ton. Dla porównania warto podać, że dzisiejsza światowa roczna produkcja zboża jest rzędu miliarda ton, czyli tysiąckrotnie mniejsza.

b) Składanie kartki

Każdy, kto składał kilkakrotnie na pół dużą kartkę papieru wie, że już po czwartym – piątym złożeniu grubość „krawędzi" złożenia jest znacznie większa, niż płaskiej części. Jeśli więc nasze rozważania mają być realistyczne, powinniśmy raczej wyobrażać sobie kartki przecinane na pół przed złożeniem.

Często podaje się następującą zagadkę: jaka gruba będzie kartka zwykłego papieru, którą 32-krotnie złożymy na pół? Dość łatwo można dojść do zaskakującej odpowiedzi: kartka może przeszkadzać w locie sztucznym satelitom Ziemi! Istotnie, oszacujmy liczbę 2^{32} podobną metodą, jak użyta w poprzednim przykładzie. 2^{30} to w przybliżeniu 10^9, czyli miliard. Grubość kartki to około jedna dziesiąta milimetra (bo dwustustronicowa książka ma około centymetra grubości), czyli 10^{-4} m. Zatem złożona kartka będzie miała grubość

$$d = 4 \cdot 10^9 \cdot 10^{-4}\ \text{m} = 4 \cdot 10^5\ \text{m} = 400\ \text{km},$$

a właśnie na takiej wysokości spotykamy pierwsze sztuczne satelity.

Jak już jednak wspomniano, nie jest to zadanie realistyczne. Jeśli kartkę składamy 32 razy, każdy bok zmniejszy się o połowę szesnaście razy. 2^{16} to ponad 60 000, więc kartka o boku długości trzydziestu centymetrów (jak zwykła kartka z bloku) „skróci się" do 300/60 000 = 1/200 milimetra. Oczywiście tak małych kawałeczków papieru nie moglibyśmy otrzymać przez ręczne przecinanie kartki, a nawet zobaczyć gołym okiem.

Zadanie można jednak „urealnić" biorąc do składania arkusz o boku 1 metra i przecinając na pół dwadzieścia razy (każdy bok dziesięć razy). Skoro $2^{10} \cong 10^3$, dostaniemy

$$N \cong 10^3 \cdot 10^3 = 10^6$$

czyli milion kwadracików o boku

$$a = 1\ \text{m} / 10^3 = 1\ \text{mm},$$

które ułożone jeden na drugim miałyby wysokość

$$h = 10^6 \cdot 10^{-4}\ \text{m} = 10^2\ \text{m},$$

czyli sto metrów – więcej, niż wieża kościoła Mariackiego w Krakowie! Też niezły wynik...

c) Wieża z kostek

Rynek krakowski, przy którym stoi wspomniany już kościół Mariacki, ma wymiary dwieście na dwieście metrów. Przed wymianą nawierzchni w latach siedemdziesiątych był on pokryty kostką kamienną, tzw. „kocimi łbami". Były to bryłki o kształcie w przybliżeniu sześciennym i boku o długości około dziesięciu centymetrów (czyli 1 dm). Jak wysoka byłaby wieża ułożona z tych kostek?

Mnożąc rozmiary Rynku w decymetrach znajdziemy liczbę kostek

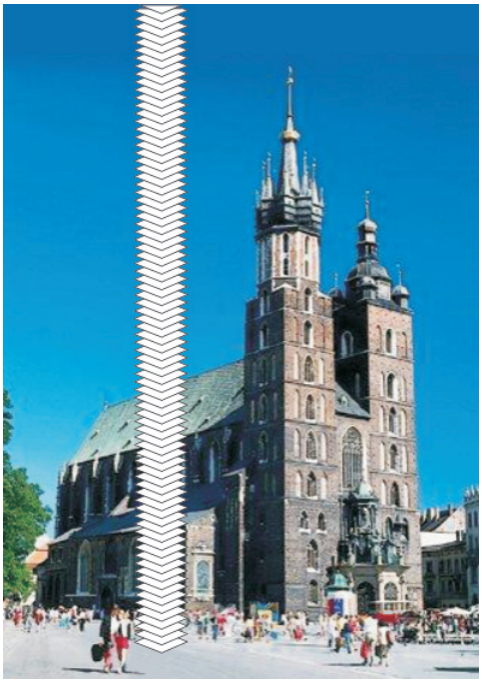
$$N = 200 \cdot 10 \cdot 200 \cdot 10 = 4 \cdot 10^6$$

czyli cztery miliony. Ułożona z nich wieża miałaby

$$h = 4 \cdot 10^6 \text{ dm} = 4 \cdot 10^5 \text{ m},$$

czyli czterysta kilometrów wysokości – tyle samo, co złożona kartka z poprzedniego przykładu. Pozornie obecny przykład jest bardziej realistyczny, bo wymaga „tylko" precyzyjnego układania kostek – gdyby łączyć je klejem i utrzymywać w pionie zakładanymi co kilkadziesiąt metrów odciągami linowymi, wieża taka mogłaby nawet stać. W rzeczywistości jednak na budowę takiej konstrukcji nie pozwoli siła ciężkości: już kilkaset kostek waży tyle, że wieża zaczęłaby się zagłębiać w ziemi. Nie pomoże nawet najmocniejszy fundament, bo po ustawieniu kilku tysięcy kostek zaczną się kruszyć te ustawione najniżej. Jak wiadomo, najwyższe budynki sięgają obecnie kilkuset metrów, ale ich konstrukcja opiera się na znacznie lepszych materiałach.

Zauważmy, że dwa ostatnie problemy pasują równie dobrze do poprzedniego rozdziału: „składanie" powierzchni Rynku (lub kartki) na wieżę zamienia bryłę o małej grubości i dużej powierzchni na bryłę o dużej grubości (wysokości) i małej powierzchni. Skoro objętość bryły nie zmienia się, wysokość musi rosnąć jak odwrotność kwadratu rozmiarów „płaskich".



Uzupełnienie matematyczne: potęgowanie

Operacja potęgowania przy całkowitym wykładniku sprowadza się do operacji wielokrotnego mnożenia. Iloczyn ***n*** identycznych liczb ***x*** nazywamy ***n***-tą potęgą liczby ***x***

$$x \cdot x \cdot \ldots \cdot x = x^n$$
$$1 \quad 2 \quad \ldots \quad n.$$

Funkcje potęgowe $f(x) = x^n$ dla małych wartości n mają tradycyjne nazwy: x^2 nazywamy kwadratem, a x^3 sześcianem liczby x. Naturalnie $x^1 = x$.

Łatwo można udowodnić kilka ważnych własności funkcji potęgowych. Jeśli pomnożymy przez siebie x^n i x^m, czyli iloczyny n i m identycznych czynników x, to otrzymamy oczywiście iloczyn $n + m$ identycznych czynników

$$(x \cdot x \cdot \ldots \cdot x) \cdot (x \cdot x \cdot \ldots \cdot x) = x \cdot x \cdot \ldots \cdot x$$
$$1 \quad 2 \qquad n \quad 1 \quad 2 \qquad m \quad 1 \quad 2 \qquad m+n.$$



Zatem

$$x^n \cdot x^m = x^{n+m},$$

czyli iloczyn potęg liczby x z dwoma (na ogół różnymi) wykładnikami daje potęgę o wykładniku równym sumie tych wykładników. Mówimy zwykle krótko, że przy mnożeniu potęg wykładniki dodają się.

Jeśli własność ta ma być zachowana dla $n = 0$, należy przyjąć, że $x^0 = 1$. Wtedy (i tylko wtedy) pomnożenie dowolnej potęgi x przez x^0 nie zmieni tej potęgi, jak wynika z prawa mnożenia potęg.

Inna własność wynika z rozważenia wielokrotnego iloczynu m czynników, z których każdy równy jest x^n. Jest on oczywiście równoważny iloczynowi $m \cdot n$ czynników x. Zatem możemy napisać

$$(x^n)^m = x^{n \cdot m}.$$

Oznacza to, że m-ta potęga n-tej potęgi danej liczby jest równa $n \cdot m$-tej potędze tej liczby; przy potęgowaniu potęgi wykładniki mnożą się.

Łatwo sprawdzić, że prawa mnożenia i potęgowania potęg można uogólnić na ujemne wykładniki, jeśli odwrotność n-tej potęgi x oznaczymy przez ujemną potęgę

$$1 / x^n = x^{-n}.$$

Istotnie, iloczyn dodatniej i ujemnej potęgi będzie dany przez

$$x^n \cdot x^{-m} = x^n / x^m.$$

Jeśli $n > m$, to po uproszczeniu iloczynów z licznika i mianownika w liczniku zostanie $n - m$ czynników x. Jeśli $n < m$, to po uproszczeniu w mianowniku zostanie $m - n$ takich czynników. W obu przypadkach oznacza to, że prawą stronę równania można zapisać jako x^{n-m} zgodnie z prawem mnożenia potęg.

W tekście użyto dyskutowanych tu wzorów wyłącznie dla potęg dziesiątki i dwójki, czyli dla $x = 10$ oraz dla $x = 2$.

Krzysztof Fiałkowski



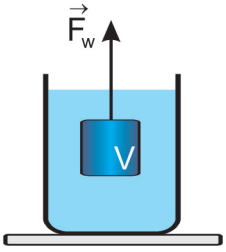
Waga kuchenna jako siłomierz do pomiaru siły wyporu

W ostatnich latach do masowego użytku weszły wagi elektroniczne z odczytem cyfrowym i z funkcją zerowania – czyli tary. Typowa waga kuchenna tego rodzaju (rys. 1) ma zakres 5 kg i dokładność odczytu 1 g. Dla fizyka jest ona siłomierzem cyfrowym z natychmiastowym odczytem i działającym „w obie strony". Jeżeli masz taką wagę w domu, możesz ją zastosować na przykład do badania prawa Archimedesa.



Rys. 1

Prawo Archimedesa



Prawo Archimedesa mówi, że na ciało zanurzone w cieczy działa pionowo w górę siła wyporu, której wartość jest równa ciężarowi wypartej cieczy.

Zapisujemy to wzorem:

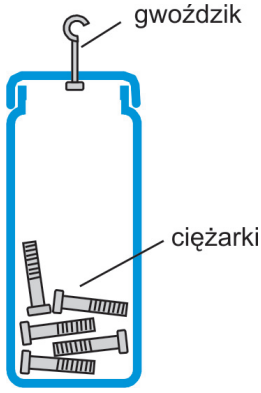
$$F_w = \rho V g,$$

gdzie ρ oznacza gęstość cieczy, V objętość zanurzonej części ciała, a g przyspieszenie ziemskie.

Doświadczenie 1

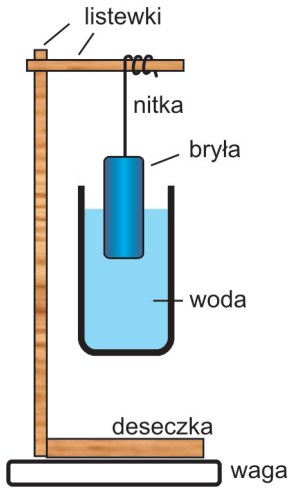
Do przeprowadzenia doświadczenia oprócz wagi potrzebne nam będą jeszcze następujące elementy:

1. bryła do zanurzania, na przykład walec o średniej gęstości nieco większej od gęstości wody. Możemy w tym celu użyć plastikowego pojemnika od lekarstw z nakrętką (rys. 2). Do środka wrzucimy odpowiednią ilość ciężarków, na przykład sporych śrub. W środek pokrywki wciśniemy od spodu gwoździk i zagniemy go od góry w haczyk. Będzie on służył do przywiązania nici. Aby uzyskać dokładność pomiaru rzędu 1% bryła powinna mieć objętość około 100 cm^3,



Rys. 2

2. rusztowanie do zawieszenia ciała badanego (rys. 3). Można je na przykład wykonać z szerokiej deseczki i dwóch listewek: jednej – pionowej – o długości około 40 cm, a drugiej – poziomej – około 15 cm,
3. duża zlewka lub słoik z wodą.



Rys. 3

Doświadczenie wykonamy następująco:

1. Na rusztowaniu za pomocą nici odpowiedniej długości wieszamy walec i całość ustawiamy na wadze. Zerujemy wskazanie wagi (funkcja *Tara*);
2. Podsuniemy pod walec naczynie z wodą i powoli będziemy podnosić je do góry, cały czas śledząc wskazania wagi;
3. Wyniki pomiarów uzyskane w gramach powinniśmy przeliczyć na niutony. W zasadzie trzeba byłoby mnożyć je przez 0,00981, ale przy naszej dokładności pomiarów wystarczy dzielić przez 100.

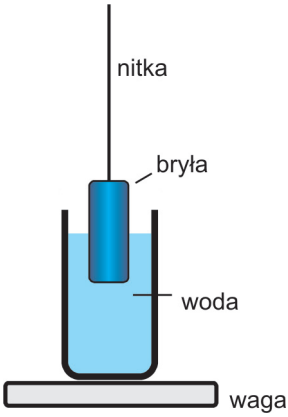
Rezultaty naszych badań powinny być następujące:

1. Kiedy ciało zaczyna zanurzać się w cieczy, waga zaczyna wskazywać siłę wyporu. Wskazanie jest ujemne, na walec działa siła zwrócona go góry (rys. 3).
2. Kiedy naczynie z wodą podnosimy do góry, a walec jest zanurzony częściowo, siła wyporu rośnie.
3. Kiedy walec jest już zanurzony całkowicie, siła wyporu przestaje zależeć od głębokości zanurzenia (siła wyporu działająca na nitkę jest w naszych pomiarach niemierzalna).

Pomiary można powtórzyć dla innej cieczy. Na przykład nasycony roztwór soli kuchennej ma gęstość większą od czystej wody. Siła wyporu powinna więc być większa.

Za pomocą tego samego zestawu możesz zrobić jeszcze

Doświadczenie 2



Rys. 4

Ustaw na wadze naczynie z wodą, wskazania wyzeruj. Następnie zanurz do niej badany walec (rys. 4).

Powinieneś zaobserwować, że kiedy ciało zanurzy się w cieczy, pojawia się dodatnie wskazanie wagi. Oznacza to, że na ciecz działa dodatkowa siła zwrócona w dół. Widać stąd, że przy oddziaływaniu walca z cieczą obowiązuje trzecia zasada dynamiki.

Jerzy Ginter

Po co człowiekowi dwoje oczu?

Przygotuj:

- 2 kredki lub ołówki
- 1 kartkę papieru A4
- małą kulkę z plasteliny
- stół lub biurko
- krzesło



Eksperyment – część 1

1. Usiądź na krześle przy stole lub biurku.
2. Podziel plastelinę na dwie połówki.
3. Przylep te dwa kawałki plasteliny na stole tak, aby leżały przed tobą **dokładnie jeden za drugim**.
4. Postaw na każdym kawałku plasteliny jedną kredkę tak, aby stały prosto i samodzielnie.
5. Usiądź wygodnie tak, by kredki stały dokładnie przed tobą. Trzymaj głowę prosto i nie poruszaj nią! W tej pozycji najpierw zamknij lewe oko (możesz sobie pomóc dłonią). Otwórz lewe oko, a następnie zamknij prawe (możesz sobie pomóc dłonią).
6. Otwórz oboje oczu.

Obserwacja

1. Czy lewym okiem widzisz dokładnie taki sam obraz, jaki widzisz prawym okiem?
2. W jaki sposób te obrazy się różnią?
3. Co widzisz patrząc obojgiem oczu?

Eksperyment – część 2

1. Zwiń kartkę papieru w równy rulonik.
2. Przyłóż rulonik do jednego oka tak, jakbyś chciał popatrzeć przez lunetę.
3. Jeżeli przyłożyłeś rulonik do prawego oka, to weź go teraz do prawej ręki, a jeśli przyłożyłeś rulonik do lewego oka, to weź go teraz do lewej ręki. Rulonik trzymaj w wyprostowanej ręce przed sobą.
4. Wyprostuj także drugą rękę i przyłóż mniej więcej w okolicy środka rulonika. Wyprostuj dłoń tej drugiej ręki tak, jak pokazaliśmy na rysunku.



Jeśli rulonik trzymasz w prawej ręce, to lewa dłoń powinna przylegać do rulonika



Jeśli rulonik trzymasz w lewej ręce, to prawa dłoń powinna przylegać do rulonika

1. Obie ręce powoli zbliż do siebie aż rulonik dotknie twojego oka. Dłoń drugiej ręki cały czas musi znajdować się w okolicy środka rulonika!
2. Popatrz teraz na wprost. Jedno oko powinno patrzeć przez rulonik, a drugie – na wyprostowaną dłoń. Oboje oczu musi być otwartych!

Obserwacja

1. Czy zobaczyłeś dziurę w swojej otwartej dłoni?
2. Jak to można wytłumaczyć? Przecież twoja dłoń nie jest tak naprawdę dziurawa!

Komentarz

Oczy ludzkie rozsunięte są o około 6 centymetrów. Dlatego każde oko widzi troszkę inny obraz. Gdybyśmy mieli jedno oko, cały świat widzielibyśmy jak płaski rysunek. Nie moglibyśmy widzieć trójwymiarowo! Bardzo trudno byłoby ocenić czy coś jest blisko czy daleko od nas.

Obrazy widziane przez każde oko trafiają do mózgu, w którym są automatycznie łączone w jeden obraz. Gdyby tak nie było, to widzielibyśmy podwójnie! To automatyczne połączenie obrazów czasami sprawia, że nasz wzrok nas oszukuje i tworzy **iluzje**. Tak się stało w doświadczeniu z rurką. Nasz mózg zarejestrował połączony obraz, w którym w dłoni pojawia się dziura. A przecież tej dziury tak naprawdę tam nie ma!

Ludzie, którzy piszą, jedzą oraz wykonują więcej prac prawą ręką nazywani są **praworęcznymi**. Ludzie, którzy piszą, jedzą oraz wykonują więcej prac lewą ręką nazywani są **leworęcznymi**. Ludzi leworęcznych jest na świecie znacznie mniej (około 10% całej populacji) niż praworęcznych.

Podobnie jest z oczami – można być **prawoocznym** lub **lewoocznym**. Człowiek prawooczny naturalnie przykłada lunetę (rulonik z papieru) do prawego oka, a człowiek lewooczny – do lewego oka. Test z rulonikiem jest najprostszym testem do stwierdzenia **lateralizacji** czynnościowej wzroku, czyli określenia, czy jesteś prawo- czy lewooczny. Stosuje się go w wielu testach psychologicznych.



Zadanie z Konkursu Nauk Przyrodniczych „Świetlik" 2010

1. Wykreśl te litery, przy których zapisane jest fałszywe stwierdzenie

Tona to 100 kilogramów.	K
Mała wskazówka (godzinna) obiega tarczę zegara w 24 godziny.	O
Informacje na płycie kompaktowej zapisuje się światłem lasera.	N
Doba ma 1450 minut.	P
Odcinek o długości 2 km narysowany w skali 1:20 000 ma długość 10 cm.	A
Igła kompasu wskazuje kierunek wschód–zachód.	L
Podczas nowiu Księżyc jest widoczny na niebie w kształcie litery O.	N
Metale dobrze przewodzą prąd elektryczny.	F
Jeden milimetr jest równy 1/100 centymetra.	E
Każdy kwadrat jest prostokątem.	T
Na Księżycu jest obecne powietrze atmosferyczne zawierające tlen.	I
Kąt prosty ma 100°.	J
Mikołaj Kopernik odkrył, że Ziemia obiega Słońce.	A

2. Pozostałe litery odczytane z góry na dół utworzą hasło. Oznacza ono:

A) Płynny tłuszcz używany w kuchni.
B) Łatwopalną ciecz, którą wykorzystał Ignacy Łukasiewicz do swojej lampy.
C) Fragment nabrzeża lub pomost, do którego mogą cumować żaglówki i niewielkie łodzie.
D) Miejsce wydobywania złóż takich jak węgiel czy sól.

DS

Odpowiedź: NAFTA (B)