

Spis treści

Wielki Zderzacz Hadronowy (LHC) w liczbach	1
Wielki Zderzacz Hadronowy w CERN-ie odpalił	2
Supernowa.....	4
Igraszki z Archimedesem.....	5
Z daleka od Archimedesza	9
Agnieszka Osiecka objaśnia fizykę cieczy i gazów	10
Pomyśl i odpowiedz	12
Jak zajrzeć do wnętrza człowieka.....	13
„Pobaw się ze mną...”	17
Co czytać.....	18
Ogród Doświadczeń	21

Komunikaty

Polsko-Ukraiński Konkurs Fizyczny LWIATKO 2009



Konkurs rozgrywany jest jako test jednokrotnego wyboru na pięciu poziomach: klasy 1-2 gimnazjum; klasy 3 gimnazjum; klasy I liceum i technikum; klasy II liceum i technikum; klasy III liceum oraz III i V technikum. Więcej informacji na stronie: <http://lwiatko.org>. Wszelkie pytania prosimy kierować na adres: konkurs.lwiatko@o2.pl
Zgłoszenia najpóźniej do **31.I.2009**. Finał Konkursu odbędzie się **30.III. 2009**.

Ogólnopolski Konkurs Nauk Przyrodniczych dla uczniów szkół podstawowych ŚWIETLIK



Organizowany przez Fundację dla Uniwersytetu Jagiellońskiego pod patronatem Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ.

Konkurs składa się z jednego etapu w formie testu jednokrotnego wyboru. Dla każdej grupy wiekowej z klas 2-6 szkoły podstawowej przeznaczony jest osobny test. Uczniowie przygotowujący się do każdej edycji Konkursu mają za zadanie przeprowadzić zestaw **prostych eksperymentów** z użyciem przyrządów i przedmiotów domowego użytku. Informacje i zgłoszenia na stronie: www.swietlik.edu.pl. Finał Konkursu odbędzie się **24.III.2009**. Zgłoszenia do **31.I.2009**.

Akademia Fizyki Zima 2009

Sesje naukowe dla uczniów i sesje dydaktyczne dla nauczycieli organizowane przez:
Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego

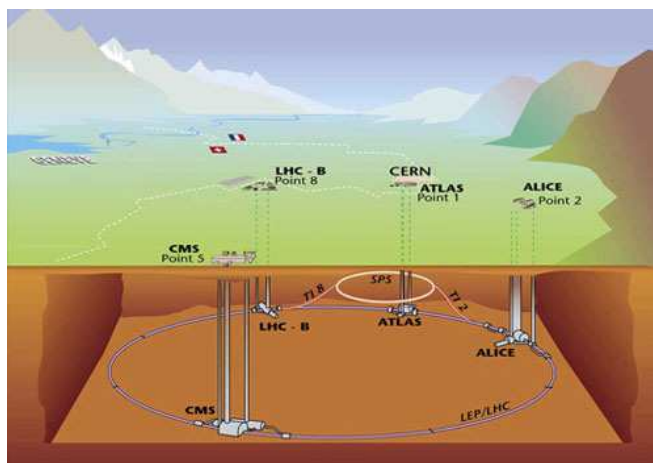
Sesja dla gimnazjalistów:
Wszechświat oddziaływań
10 lutego 2009

Sesja dla licealistów:
Szkiełko i oko czyli granice poznania
11-13 lutego 2009

Miejsce spotkań: IF UJ - ul. Reymonta 4, Kraków, w godz. 9.00-15.00

Szczegółowy harmonogram zostanie podany w **styczniu 2009** na stronie internetowej:
<http://www.if.uj.edu.pl/akademia/akademia.htm>

Wielki Zderzacz Hadronowy (LHC) w liczbach



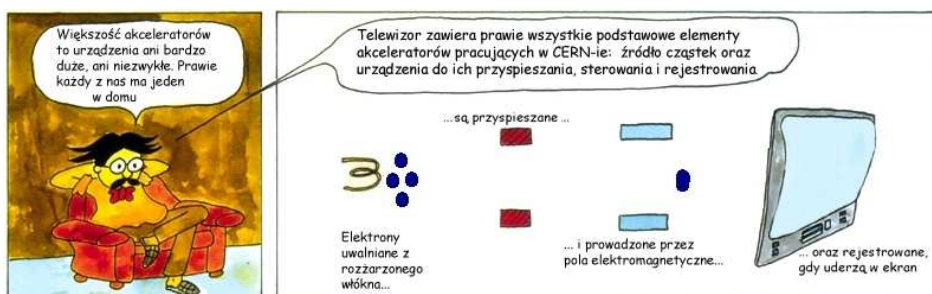
Podstawą każdego zderzacza jest akcelerator, czyli przyspieszacz (rozpędzacz) cząstek elementarnych.

- Największy akcelerator na świecie ma obwód 26 659 m, a liczba użytych w nim nadprzewodzących elektromagnesów wynosi 9300. W eksperymencie o nazwie CMS elektromagnes waży więcej niż wieża Eiffla, zaś w eksperymencie ATLAS detektor ma rozmiary 6-piętrowego budynku. Jest to najszybszy tor wyścigowy na świecie. Cząstki okrążają pierścień akceleratora 11 345 razy na sekundę i osiągają 99,99% prędkości światła, tak że przy zderzeniu czołowym dwóch protonów wydziela się energia 14 TeV (1 teraelektronowolt = $1,60217646 \times 10^{-7}$ J). W każdej sekundzie zachodzi 60 mln zderzeń.
- Jest to najbardziej pusta przestrzeń w naszym układzie słonecznym. Aby uniknąć zderzeń protonów z cząsteczkami gazów trzeba osiągnąć próżnię, taką jak w przestrzeni międzyplanetarnej. Ciśnienie wewnątrz kanału LHC wynosi 10^{-13} atm, czyli 10 razy mniej niż na Księżycu.
- Jest to najgorętsze miejsce w galaktyce. Kiedy dwie wiązki protonów zderzają się, w małym miejscu zderzenia temperatura jest 100 tys. razy większa niż we wnętrzu Słońca.
- Jest to również najzimniejsze miejsce w galaktyce - w układzie chłodzącym wokół ringu krąży nadciekły hel o temperaturze $-271,3^{\circ}\text{C}$, czyli niższej niż w przestrzeni międzygwiazdnej. Do chłodzenia elektromagnesów używa się 60 ton ciekłego helu, do wytworzenia którego potrzeba 10 080 ton ciekłego azotu. LHC jest zatem największą lodówką na świecie.

Wielki Zderzacz Hadronowy w CERN-ie odpalił

10 września 2008 roku w CERN-ie - Międzynarodowym Ośrodku Badań Jądrowych - uruchomiono, po 14 latach przygotowań i budowy, Wielki Zderzacz Hadronowy nazywany w skrócie LHC (Large Hadron Collider).

Ten wielki zderzacz umieszczony jest w kołowym tunelu o obwodzie 27 km aż 100 m pod ziemią. Tunel wydrążony został w skalnej płycie, która zapewnia stabilność. Gruba warstwa gruntu skutecznie chroni otoczenie przed promieniowaniem kosmicznym. W tunelu początkowo będą zderzane protony, a później inne ciężkie jony Ca, Pb i Au (wapnia, złota i srebra). Całkowita energia wyzwolana w zderzacz to aż 14 TeV. Do przyspieszania i utrzymywania protonów w tunelu używane są elektromagnesy.



W jakim celu przyspiesza się i zderza cząstki?

Przy zderzeniach cząstek przyspieszonych prawie do prędkości światła zachodzą bardzo ciekawe zjawiska, które dostarczają informacji o materii, a nawet o historii naszego Wszechświata. Gra jest więc warta świeczki. Gigantyczne pieniądze zainwestowane w eksperyment pozwalają zerknąć w nasze prądieje, ku początkom Wszechświata. Profesor Turak mówi (PAUza Akademicka Nr 3, 9 września 2008 - <http://www.pauza.krakow.pl/>):

Badania astrofizyczne wskazują też na to, iż we Wszechświecie muszą istnieć duże zasoby materii i energii nieznannej natury - „ciemna materia” i „ciemna energia” - które wpływają na ruch ciał niebieskich. Fizycy podejrzewają istnienie osobnego, słabo oddziałującego świata ciężkich „cząstek supersymetrycznych”, bądź cząstek ukrytych w innych wymiarach, do których do tej pory nie mogliśmy dotrzeć.

Być może duże energie cząstek przyspieszanych w LHC pozwolą nam otworzyć drzwi lub choćby niewielkie okienko do tych niezwykłych światów.

W zderzeniach cząstek przy wysokich energiach, osiąganych przez rozpędzanie, zupełnie inaczej niż w zderzeniu dwóch przedmiotów, produktem są nie tylko frag-

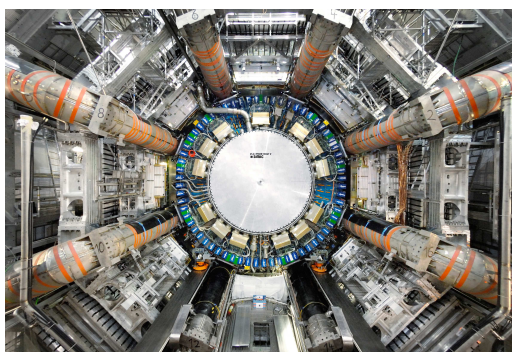
menty tego, co stanowiło wcześniej obiekty zderzenia, lecz jest produkowana materia, nowe cząstki. I to jest przedmiotem badań za pomocą detektorów.

CERN jest największym światowym laboratorium badawczym - korzysta z niego około 10 000 fizyków i inżynierów z kilkuset instytucji naukowych ze wszystkich kontynentów, a LHC i aparatury eksperymentów należą do najbardziej skomplikowanych i kosztownych urządzeń badawczych.

[...] Osiągnięcie odpowiednio wysokich pól magnetycznych wymaga ogromnych prądów, rzędu 12 000 amperów. Aby zmniejszyć zużycie energii elektrycznej, uzwojenia magnesów wykonane są z nadprzewodnika, a cały magnes musi być utrzymywany w temperaturze bliskiej absolutnego zera (1,8 K, czyli niższej niż w przestrzeni kosmicznej!). Dla ochłodzenia nadprzewodzących elektromagnesów używa się ciekłego helu w ilości 700 m³ - jest to największa w świecie instalacja kriogeniczna - a proces schładzania urządzenia trwa kilka miesięcy.

W rurach próżniowych przechodzących przez magnesy będą krążyć protony, których tory przecinają się w czterech punktach na obwodzie akceleratora - tam rozmieszczone są spektrometry, mające mierzyć produkty oddziaływań (zderzeń). Liczba tych zderzeń będzie ogromna (do miliarda w sekundzie!), jako iż chcemy badać bardzo rzadko zachodzące zjawiska, które, nawet w takich warunkach, będą pojawiać się zaledwie raz na kilkadziesiąt sekund. Problemem jest ich zarejestrowanie, wstępne wyselekcjonowanie i pełna analiza - temu służą ogromne detektory, składające się z dziesiątków milionów elementów. Panowanie nad tak skomplikowaną aparaturą jest możliwe jedynie przy zastosowaniu komputerów.

[...] We wszystkich tych eksperymentach uczestniczą polscy fizycy i inżynierowie z Krakowa i Warszawy; duży wkład w zbadanie sprawności połączeń LHC wnieśli pracownicy Akademii Górniczo-Hutniczej i Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie.



Widok detektora eksperymentu ATLAS (2007-07-06, © CERN, Photo: Claudia Marcelloni)



Czy eksperymenty wykonywane w LHC mogą stanowić kosmiczne zagrożenie?

Obawy takie wyrażają obywatele różnych krajów, niektórzy nawet domagają się sądowego zakazu eksperymentów.

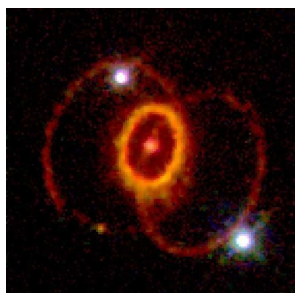
Otóż należy mieć zaufanie do fizyków! Absolutnie żadna „czarna dziura nie wessie Wszechświata”. Aby uniknąć „normalnych” technicznych awarii, pracuje sztab doświadczonych specjalistów.

Z.G-M

Supernowa

Supernowa – powstający na niebie po kosmicznym wybuchu niezwykle jasny obiekt, który w krótkim czasie staje się niewidoczny. Supernowa może rodzić się na dwa sposoby:

1. w jądrze gwiazdy o dużej masie przestają zachodzić reakcje termojądrowe, więc zaczyna się ona zapadać pod własnym ciężarem;
2. na skutek przyciągnięcia masy z sąsiadującej gwiazdy przez białego karła (niewielki obiekt astronomiczny wysyłający białe światło, powstały z wypalonej gwiazdy o małej lub średniej masie).



W obu przypadkach eksplozja polega na wyrzuceniu w przestrzeń kosmiczną większości materii gwiazdy. W końcu supernowa przekształca się w gwiazdę neutronową lub czarną dziurę. Eksplozje supernowych są głównym źródłem wszystkich pierwiastków nieco cięższych niż tlen oraz jedynym źródłem pierwiastków ciężkich we Wszechświecie.

Gdy pod wpływem własnej grawitacji gwiazda się kurczy, jej temperatura gwałtownie rośnie. Może to spowodować zajście reakcji termojądrowych, które przekształcają węgiel i tlen w nikiel. Wydzielona w tej reakcji energia jest tak duża, że następuje rozerwanie gwiazdy, a tworząca ją materia zostaje wyrzucona w przestrzeń kosmiczną. Istnieje też inna możliwość – wewnętrzna część gwiazdy ulega grawitacyjnemu zapadnięciu się. Dalsze warstwy gwiazdy spadając, odbijają się od rdzenia i zostają wyrzucone na zewnątrz.

23 lutego 1987 roku gwiazda supernowa SN 1987A została zarejestrowana w Obłoku Magellana. Już w kilka godzin po rozbłyску można było ją obserwować gołym okiem. Była pierwszą supernową w czasach współczesnych, a jej obserwacje posłużyły do sprawdzenia wielu teorii naukowych dotyczących Kosmosu.

Każda supernowa jest źródłem silnego promieniowania neutrin. Neutrino wysłane w czasie wybuchu supernowej SN 1987A zostały zarejestrowane przez detektory Kamiokande i IMB, dając początek astronomii neutrinowej.

O modelach supernowej można przeczytać w *Fotonie* Nr 102.

DS, WZ

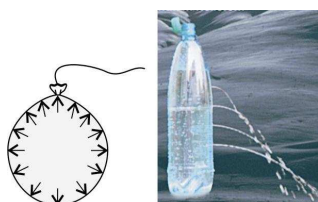
Igraszki z Archimedesem

Ciśnienie cieczy, ciśnienie hydrostatyczne

Ciecze wypełniają naczynia, w których się znajdują, przybierają ich kształt i tworzą powierzchnię swobodną. Wywierają ciśnienie na ścianki naczynia. Aby się o tym przekonać wystarczy nalać wody do balonika lub gumowej rękawiczki.



Balonik i rękawiczka nadympają się, to znaczy, że rozpięta jest od wewnątrz ciśnienie. Woda w sztywnym naczyniu też wywiera ciśnienie na ścianki naczynia, tylko tego nie widać gołym okiem. Jeśli jednak zrobimy np. otworek w plastikowej butelce, to tryśnie z niej fontanna wody. Możemy zrobić w plastikowej butelce

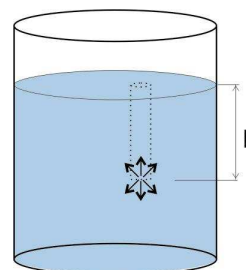


cały szereg otworków jeden nad drugim. Przekonamy się, że największe ciśnienie jest na dole butelki, tam, gdzie słup wody jest najwyższy. Ciśnienie w cieczy wywierane jest w całej objętości, we wnętrzu też. Działa ono we **wszystkie strony jednakowo**, a pochodzącą od niego siłę nazywamy **parciem**. Siła ta jest prostopadła do powierzchni, na którą działa.

Na przedmiot zanurzony w cieczy jest wywierane ciśnienie na całą jego powierzchnię (w przypadku np. sześcianika - na wszystkie sześć ścian). To ciśnienie chciałoby zgnieść sześcianik. Aby tak się nie stało, przedmiot musi być wystarczająco sztywny. Ciśnienie w cieczy bierze się ze ściskania, czy naciskania cieczy. Balonik wypełniony wodą można próbować zmniejszać (to się nie udaje, bo woda jest nieściśliwa). Można zwiększać ciśnienie płynu w zamkniętej strzykawce przez zwiększanie siły nacisku tłoka. W każdej cieczy na Ziemi występuje ciśnienie hydrostatyczne (słowo „hydro” pochodzi od słowa woda, „statyczne” dlatego, że mówimy o nieruchomej cieczy) spowodowane naciskiem wyższych warstw cieczy, ciężarem słupa cieczy. Na danej głębokości cieczy ciśnienie jest wszędzie takie samo i zależy od wysokości słupa cieczy i jej gęstości. Wyraża się wzorem:

$$p = \rho \cdot h \cdot g,$$

gdzie ρ to gęstość cieczy, h wysokość słupa cieczy, a g to wartość przyspieszenia ziemskiego.

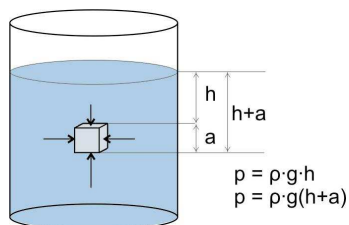


Skąd się bierze siła Archimidesa?

Siła grawitacji, czyli przyciąganie ziemskie, jest przyczyną powstawania siły wyporu. Wyobraź sobie ciecz (np. wodę) w naczyniu. Następnie wyobraź sobie w tej wodzie sześcianik, np. wielkości kostki do gry i zamknij go w myślach cienką błonką z prze-

żroczystej folii plastikowej (wnętrze sześciannika wypełnione jest wodą). Na ścianki tej błonki naciska woda i z zewnątrz i z wewnątrz. Nasz sześciannik tkwi sobie spokojnie w wodzie i nie porusza się. Możemy więc wywnioskować, że siły działające na niego równoważą się. A przecież od góry na sześciannik jest wywierane mniejsze ciśnienie hydrostatyczne niż na dolną ściankę. Tak jest, ponieważ górna ścianka sześciannika ma mniejszy słup wody nad sobą niż dolna ścianka. Powstaje więc wypadkowa siła ku górze – siła wyporu. Mimo to nasz sześciannik nie drga nawet. Dlaczego? Ponieważ na sześciannik działa również siła ciężkości, w tym wypadku o dokładnie takiej samej wartości, jak siła wyporu, lecz zwróconej w dół, zatem po prostu NIC się nie dzieje.

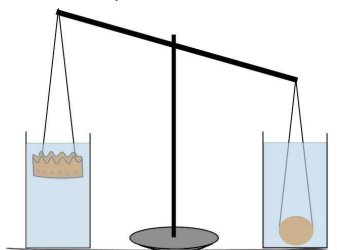
Co innego gdyby sześciannik był napełniony czymś lżejszym od wody (o mniejszej gęstości, np. powietrzem, olejem) lub też czymś cięższym (o większej gęstości, np. był wykonany ze stali).



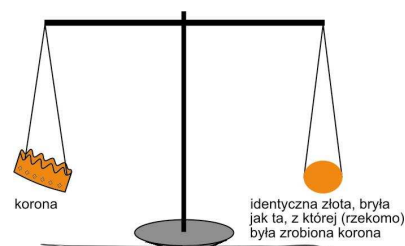
W pierwszych dwóch przypadkach siła wyporu przeważałaby siłę ciężkości, więc sześcianniki te wypłynęłyby w górę ku tafli wody. W wypadku sześciannika stalowego, siła wyporu byłaby mniejsza niż siła grawitacji i sześciannik zatonałby.

Król Syrakuz i złota korona

Jak głosi legenda, Archimedes pokazał królowi Syrakuz jak sprawdzić, czy korona wykonana przez złotnika jest z czystego kruszcu. Wyjaśnia to rysunek.



W wodzie korona „traci na ciężarze”, co oznacza, że siła wyporu jest większa, bo gęstość materiału, z którego jest zrobiona, jest mniejsza niż gęstość czystego złota. Do złota domieszano metal o mniejszej gęstości.



Ulubione doświadczenie Marii Skłodowskiej-Curie, które opisała w książce *Lekcje Marii Skłodowskiej-Curie. Notatki Isabelle Chavannes z 1907 roku, WSiP, Warszawa 2004 (Foton 85, Lato 2004).*

- Wiemy, że w czystej wodzie jajka opadają na dno. Jajka włożyliśmy do słonej wody. Jak widzimy, pływają, ponieważ ich gęstość jest mniejsza niż słonej wody. Dolejcie teraz wszyscy wody czystej do słonej, aż jej gęstość stanie się taka sama jak gęstość jajek. Rozpoznacie to po tym, że jajka będą wtedy pływały zawieszone w wodzie. [...]

- A teraz zrobimy bardzo piękne doświadczenie. Bierzymy dwie szklanki. W jednej jest woda i oliwa: oliwa pływa po wierzchu, ponieważ jej gęstość jest mniejsza od gęstości wody. W drugiej jest oliwa i alkohol; tu oliwa jest na dnie, ponieważ ma większą gęstość niż alkohol. Skoro oliwa wypływa na powierzchnię wody, a w alkoholu opada na dno zlewki, można zrobić taką mieszaninę wody i alkoholu, żeby oliwa ani nie tonęła, ani nie pływała po powierzchni. Zobaczycie, że oliwa przybierze wtedy kształt kulki i jak to ładnie wygląda.

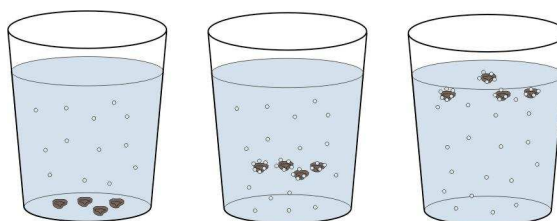
Musimy próbować na chybił trafił. Gdy oliwa wypływa, to oznacza, że dodaliśmy do naszej mieszaniny za dużo wody; jeżeli opada na dno naczynia, to dlatego, że dolaliśmy zbyt dużo alkoholu.

Można w końcu uformować piękną, złocistożółtą kulę zawieszoną w cieczy.

Rodzynki i Sprite

Do tego eksperymentu potrzebujesz ok. 200 ml przezroczystego napoju gazowanego (np. *Sprite'a*), przezroczystej szklanki i kilku rodzynek. Napój wlej do szklanki i natychmiast wsyp do niego rodzynki. Co się stanie z rodzynekami?

Na samym początku rodzynki opadają na dno, ponieważ ich gęstość jest większa niż gęstość napoju (inaczej mówiąc: siła ciężkości przewyższa siłę wyporu działającą na rodzynekę). Rodzynki leżące na dnie stopniowo otaczane są przez bąbelki



dwutlenku węgla (substancji o gęstości znacznie niższej niż gęstość *Sprite'a*). Po krótkiej chwili „bąbelkowe rodzynki” stają się tworami, których średnia gęstość maleje poniżej gęstości napoju. Wówczas odrywają się one od dna i wędrują ku górze, (bo tym razem siła wyporu przewyższa siłę ciężkości działającą na rodzynekę). Po dotarciu do powierzchni napoju rodzynki tracą bąbelki dwutlenku węgla, które wydostają się do powietrza. Gęstość pozbawionych bąbelków rodzynek ponownie przekracza gęstość napoju, dlatego rodzynki z powrotem opadają na dno szklanki.

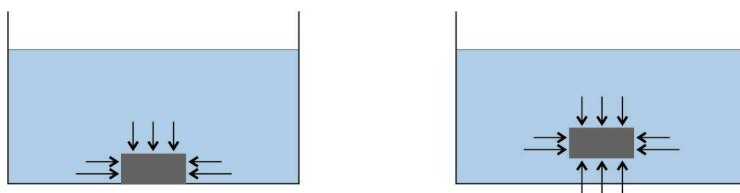
Proces powtarza się cyklicznie tak długo, aż rodzynki nie nasiąkną napojem lub napój nie „wygazuje się”.

Jak oszukać Archimidesa

Czy to możliwe, by kostka stearyny (kawałek świeczki) nie unosiła się na powierzchni wody, lecz pozostawała w niej całkowicie zanurzona, mimo że gęstość stearyny jest mniejsza niż gęstości wody?

Możliwe. Na przykład można by wtopić w stearynę jakiś ciężki przedmiot. To byłoby jednak trick kuglarski.

Inny pomysł polega na tym, by wyeliminować siłę parcia od spodu kostki. Jeśli kostka jest równiutko przycięta i doskonale gładka to położona na równie gładkim dnie naczynia i zalana ostrożnie wodą pozostanie na dnie dociskana do dna siłą parcia wody od góry. Ważne jest, by między kostkę a dno naczynia nie dostała się ani kropeczka wody, czy bąbelek powietrza. Z tego powodu taka sztuczka nie udaje się ani z korkiem ani klockiem drewnianym. Oczywiście taki stan kostki stearyny jest bardzo niestabilny i byłe drgnienie powoduje rozszczelnienie, woda dostaje się pod klocek i pojawia się parcie od dołu klocka ku górze, które wypycha klocek ku powierzchni wody.



Kiedy Archimedes jest bezrobotny?

Oczywiście w stanie nieważkości. Ponieważ siła wyporu powstaje dzięki różnicy ciśnień hydrostatycznych na różnych wysokościach cieczy, w której zanurzony jest jakiś obiekt. Gdy nie działa siła ciężkości, to nie ma ciśnienia hydrostatycznego i nie powstaje siła wyporu. W swobodnie lecącym statku kosmicznym Archimedes nie sprawdziłby próby złota korony królewskiej.

Nie trzeba podróżować statkiem kosmicznym, aby to sprawdzić. Wystarczy obserwacja swobodnie spadającego przedmiotu.

W swobodnie spadającej przezroczystej butelce plastikowej napełnionej prawie do pełna wodą bystry obserwator może zauważyć utworzenie się kulistego bąbla powietrza wewnątrz wody.



Z daleka od Archimedesesa

Nartnik swobodnie biega po powierzchni wody; stalowa igła lub plastikowa karta ostrożnie położone na tafli wody, nie toną. Dlaczego w ich przypadku nie działa znane prawo Archimedesesa?

Z prawa Archimedesesa płynie prosty wniosek: przedmiot tonie w cieczy, gdy ma dużą gęstość (a nie masę!), a mówiąc ściślej, gdy jego gęstość jest większa od gęstości cieczy. Przedmiot unosi się na powierzchni cieczy, gdy jego średnia gęstość jest mniejsza od gęstości cieczy. I tak na przykład kulka w całości wykonana ze stali tonie na dnie oceanu (stal ma większą gęstość niż słona woda), a statek o stalowym kadłubie – nie idzie na dno, bo średnia gęstość kadłuba wraz z wypełniającym go powietrzem jest mniejsza niż gęstość wody.



Nartnik (pl.wikipedia.org)

Siła wyporu, której dotyczy prawo Archimedesesa działa dopiero wówczas, gdy część przedmiotu (choćby niewielka) zanurzy się w cieczy („na każde ciało zanurzone w cieczy...”). Igła, karta i nartnik utrzymują się na powierzchni wody, nie zanurzając się w niej, więc w ich przypadku nie może to mieć nic wspólnego z prawem Archimedesesa! (Łatwo się zresztą przekonać, że ta sama igła, czy karta wepchnięte do wody – zatoną, bo po ich zanurzeniu obowiązuje już prawo Archimedesesa, a gęstości materiałów, z których te przedmioty wykonano, są większe od gęstości wody.)

Zanim jakikolwiek przedmiot przebijie taflę cieczy, napotyka na jej powierzchni na opór, zwany siłą napięcia powierzchniowego. Tafla wody zachowuje się wtedy podobnie jak błona, która do pewnego stopnia może się uginać (im większe napięcie powierzchniowe cieczy, tym mniejsza elastyczność błony). Napięcie powierzchniowe zapobiega przebiciu tafli cieczy jedynie wówczas, gdy ugięcie jest niewielkie (czyli gdy na tafli położone są lekkie przedmioty, takie jak igła, czy plastikowa karta) oraz gdy ciecz nie zwilża przedmiotu (np. odnóża biegających po wodzie nartników pokryte są niezwilżanymi włoskami).

Przy okazji: wykonując proste domowe doświadczenie („Karta na wodzie”, *Foton* Nr 96) można się przekonać, że siła napięcia powierzchniowego jest styczna do powierzchni cieczy, a także, że detergenty zmniejszają napięcie powierzchniowe wody, dzięki czemu ułatwione staje się zwilżanie cząsteczek brudu przez wodę i wypłukiwanie ich z zabrudzonych tkanin (czyli potocznie mówiąc – pranie).

DS

Pierwotnie artykuł ukazał się na blogu *Tygodnika Powszechnego*:
<http://swiat-jaktodziala.blog.onet.pl/1,CT88670,index.html>

Agnieszka Osiecka objaśnia fizykę cieczy i gazów

W 1974 roku *Nasza Księgarnia* wydała, w nakładzie 30 277 egzemplarzy, uroczą książeczkę Agnieszki Osieckiej ilustrowaną przez Bohdana Butenkę. Książeczka nosi tytuł *Wzór na diabelski ogon* i jest hołdem wystawionym nauczycielowi. Z Agnieszką Osiecką podglądamy fizyka.

Poniżej cytujemy kilka uroczych powiedzonek i fragmentów oraz fantazyjną ilustrację prawa Archimedesesa.



— Ziemia, dziecino. To ona, ziemia-matula, ciągnie nas w dół. Ciebie też, pstrągu zielony.

— Wszystko przyciąga wszystko, gwiazda gwiazdę, ptak ptaka — ciągnął Liczyborski.

— Spójrzcie, panowie! Co to jest, co ja trzymam w ręce?

— Balonik pefen też.

Nagle czuję, że dzieje się coś ważnego.

Czuję po prostu, że jestem bardzo, bardzo lekki, o wiele lżejszy niż na zewnątrz. A to heca! Wylazłem z wanny, podskakuję, łażę, no, nie ma cudów — jestem cięższy. Więc znów — do wanny. Jestem lżejszy!

Trudno. Zważyłem się. Raz normalnie, raz w wodzie (była draka z tym ważeniem, ale niech tam!). No jasne: jest różnica! Więc myślę: co też to za różnica być może? A nuż ja straciłem na wadze tyle, ile ważyła woda wyparta przeze mnie? No dobrze, sprawdzimy! Narysowałem kreseczkę na wannie, wybrałem garnkiem tę wodę, co ją wyparłem, i zważyłem. Jasne! Zgodziło się! Ważyła tyle samo, ile ja straciłem na wadze. A to heca! Natychmiast się ubrałem i bez śniadania poleciałem do szkoły.

— Chłopaki! — wrzeszczę. — Coś dla was mam!

— A teraz — mówi fizyk — naciskam ciecz tłoczkiem. Spójrzcie uważnie, co się z nią dzieje.

Hm... Patrzę uważnie i widzę, że łyzy tryskają teraz z balonika tak, jak tryskały przedtem z oczu fizyka, tyle że po prostu tryskają na wszystkie strony.

— Właśnie — mówi fizyk. — Właśnie... To jest słynne doświadczenie Pascala. Zrobił je trzysta lat temu.

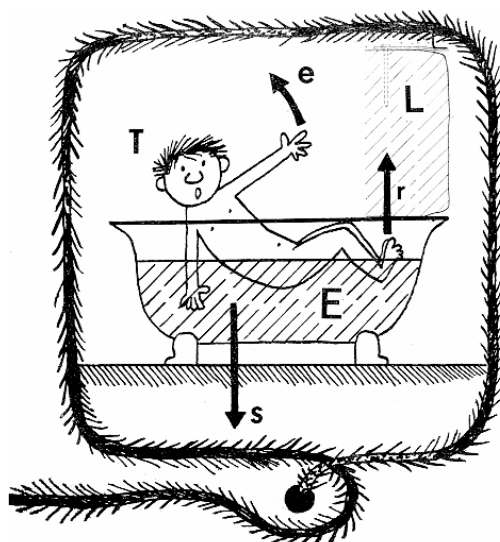
— Jest tak i tak. Pietruch zanurzony w wodzie...
W klasie wszystkich zatkało. Liczyborski aż sapie z zaskrośnięcia. „Prawo Pietrucha i Francoliniego”. W życiu by tego nie wymyślił. Jadźka poślą nam spojrzenie numer 1, które normalnie należy tylko do fizyka. Ale cóż ten fizyk? Czy on wcale nie zachwycę się naszym prawem? Otóż nie! Wyobraźcie sobie, nasz zdradziecki fizyk uśmiewa się sadyście i mówi:

— Kochane dzieci! (tak powiedział! „Kochane dzieci” — powiedział do młodych uczonych). Pietruch i Franek mają rację, ale to, co mówią, nie jest odkryciem nowym. To samo spostrzeżenie w podobnych warunkach uczynił grecki mędrzec Archimedes.

Wcale nie byłem zadowolony, ale nie chciało mi się gadać. Świństwo i tyle.

Tymczasem stary poszedł do tablicy i napisał moje prawo, lekko tylko przekreślone (potem obaj wezmą za to pieniądze. To czy są ludzie!):

Na każde ciało zanurzone w cieczy działa siła wyporu cieczy skierowana ku górze (a więc przeciwnie niż siła ciężkości) i równą ciężarowi cieczy wypartej przez to ciało.



Anegdota profesora Arkadiusza Piekary

Profesor Piekara pyta na egzaminie studenta:

- Proszę pana, czy kulka stalowa będzie pływać w rtęci?
- * Czy mógłbym dowiedzieć się, jaka jest gęstość stali, a jaka rtęci? - pyta student.
- Około 7 g/cm^3 i 13 g/cm^3 - odpowiada profesor.
- * Student uszczęśliwiony: nawet nie jedna kulka, prawie dwie mogą pływać w rtęci.

(Oczywiście tok myślenia studenta jest błędny!)



rys. Ł. Warczak

Pomyśl i odpowiedz

W stoiku umieszczono dwie palące się świece, co przedstawiono na rysunku obok. Stoik przykryto zakrętką. Która świeczka zgaśnie pierwsza?

- A) mniejsza,
- B) większa,
- C) nie wiadomo, może jedna, może druga.

Na podstawie *The Physics Teacher* 39 (1), 2001.

Poprawnej odpowiedzi szukaj w tym zeszycie.



Zadanie konkursowe

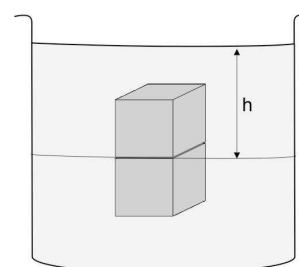
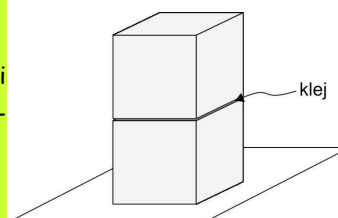
Sklejono 2 szklane kostki sześciennie o krawędzi 1 cm i gęstości $2,6 \text{ g/cm}^3$ klejem, którego wytrzymałość na zerwanie wynosi $0,02 \text{ N/cm}^2$.

1) Czy dolna kostka odklei się po podniesieniu górnej?

2) Na jaką głębokość należy zanurzyć kostki w wodzie, by dolna kostka nie oderwała się od górnej?

Wśród autorów poprawnych odpowiedzi nadesłanych do 15 grudnia 2008 redakcja rozlosuje pen drive'a.

Odpowiedź można będzie znaleźć na stronie internetowej *Fotonu* Nr 103 <http://www.if.uj.edu.pl/Foton/>



Jak zajrzeć do wnętrza człowieka

W laboratoriach na całym świecie prowadzone są intensywne prace, których celem jest wykorzystanie praw fizyki w służbie medycynie. Niektóre spośród używanych obecnie medycznych metod diagnostycznych, takich jak np. EKG czy obrazowanie promieniami Roentgena, znane są w medycynie od przeszło stu lat, inne dopiero niedawno znalazły zastosowanie w gabinetach lekarskich.

Ponieważ fizyka dostarczyła medycynie już bardzo wielu narzędzi do „zaglądania” do wnętrza ciała ludzkiego, dlatego nie sposób streścić czy nawet wspomnieć o nich wszystkich. W tym krótkim artykule skupimy się jedynie na trzech z nich: obrazowaniu rentgenowskim, endoskopii i ultrasonografii. Nie znaczy to jednak, że pozostałe metody są mniej ważne. Przeciwnie. Oznacza to jedynie, że nie można wytłumaczyć ich w kilku zdaniach.

Wejrzenie przenikliwe w człowieka

Promieniowanie Roentgena, zwane również promieniowaniem X, jest promieniowaniem elektromagnetycznym identycznym w swej naturze ze światłem widzialnym, promieniowaniem radiowym i mikrofalowym. Jest ono zatem rozchodzącym się w przestrzeni zaburzeniem pola elektrycznego i magnetycznego. To co odróżnia jednak promieniowanie X od pozostałych fal elektromagnetycznych to jego długość fali. Spośród

wszystkich wymienionych powyżej charakteryzuje się ono najkrótszą długością fali mieszczącą się w przedziale od 10 pm (jednej stumiliardowej części metra) do 10 nm (jednej stumilionowej części metra). Ze względu na mniejszą długość fali promieniowanie rentgenowskie lepiej penetruje (wnika w) materię niż np. światło widzialne. Dzięki tej własności może ono przechodzić przez ciało ludzkie będąc w nim jedynie częściowo pochłaniane. Promieniowanie X jest różnie pochłaniane, czyli absorbowane w określonych tkankach – silniej w kościach, a słabiej w tkankach miękkich, np. tłuszczach czy mięśniach. Dzięki temu możliwa jest obserwacja określonych tkanek, a nawet analiza ich stanu, gdyż własności absorpcyjne uzależnione są od kondycji tych tkanek. Pozwala to np. na badanie zwapnienia kości.

Najważniejszymi elementami aparatu rentgenowskiego jest źródło promieniowania i detektor, czyli odbiornik. Promieniowanie X emitowane jest w lampach rentgenowskich na skutek hamowania na anodzie (dodatniej elektrodzie) elektronów emitowanych z katody (ujemnej elektrody) i rozpędzonych w polu elektrycznym pomiędzy elektrodami. Warto jednak zwrócić uwagę, że w procesie hamowania zaledwie 1% energii emitowanej jest w postaci promieniowania, a pozostałe 99% zamieniane jest na ciepło.

Drugim elementem niezbędnym w każdym aparacie rentgenowskim jest detektor. Tradycyjnie jest to klisza fotograficzna, która zaczernia się bardziej tam, gdzie pada na nią intensywniejsze promieniowanie, czyli mniejsze jest pochłonięcie promieniowania podczas przejścia przez badany obiekt. We współczesnych aparatach rentgenowskich stosowany jest ekran fluorescencyjny, który zamienia promieniowanie rentgenowskie na światło widzialne. Światło widzialne dużo efektywniej naświeśla kliszę fotograficzną, co pozwala na uzyskanie większej dokładności wykonywanych zdjęć. Stosowane obecnie techniki rentgenowskie pozwalają również na tworzenie trójwymiarowych obrazów, czyli wykonanie topografii wnętrza ciała ludzkiego. Promieniowanie Roentgena najczęściej wykorzystywane jest do obrazowania kości i płuc.



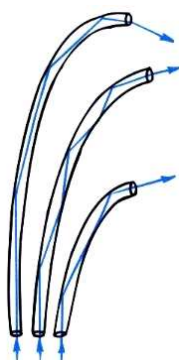
Słynne zdjęcie ręki żony Roentgena

Zobaczyć od środka

Endoskopia jest bez wątpienia tą metodą diagnostyki medycznej, o której można powiedzieć, że pozwala zajrzeć w głąb ciała ludzkiego w sposób najbardziej dostówny. Endoskop składa się z rurki wprowadzanej do ciała ludzkiego przez gardło, nos albo odbył, która to rurka pozwala umieścić w pacjencie urządzenia niezbędne do podświetlenia i zarejestrowania obrazu badanego organu, a także, w razie konieczności, zoperowania go. Współczesne endoskopy wykonane są z miękkich materiałów, którymi wprowadza się światłowód pełniący funkcję oświetlacza oraz mikroskopijną kamerę CCD pozwalającą na rejestrację obrazu. Trzecim elementem nowoczesnych endoskopów są kanały narzędziowe, poprzez które wprowadza się przyrządy niezbędne do

przeprowadzenia operacji. Te ostatnie są sterowane zdalnie z zewnątrz, co umożliwia już nawet przeprowadzanie operacji pacjentów przez Internet. Między innymi w 2001 roku grupa francuskich lekarzy z Nowego Jorku zoperowała pacjenta leżącego na stole operacyjnym w Strasbourgu.

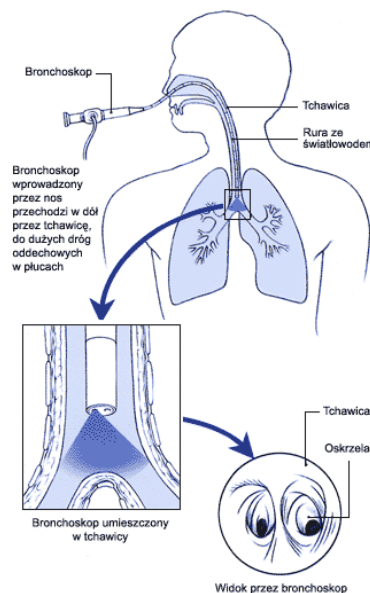
Jak wspomnieliśmy, jednym z najważniejszych elementów endoskopu jest światłowód, którym do wnętrza pacjenta wprowadzane jest światło. Użycie światłowodu eliminuje niebezpieczeństwo poparzenia pacjenta przez umieszczoną w jego wnętrzu żarówkę.



Światłowód jest włóknem szklanym, w którym światło rozchodzi się w oparciu o zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia. Ze zjawiskiem tym mamy do czynienia przy padaniu promienia świetlnego na granicę dwóch ośrodków o różnych współczynnikach załamania. Jeśli promień pada na tę granicę od strony ośrodka o większym współczynniku załamania może nie przejść do drugiego ośrodka, lecz odbić się bez straty energii. Dzieje się to wtedy, gdy kąt padania jest większy od tzw. kąta granicznego. Dzięki temu zjawisku światło rozchodzi się tylko w *rdzeniu światłowodu*, odbijając się na granicy pomiędzy rdzeniem i *plaszczem światłowodu*, który wykonany jest z materiału o niższym współczynniku załamania. W ten sposób światło propaguje się w światłowodzie zygzakiem od jednej granicy rdzeń-plaszcz do drugiej. W konsekwencji umożliwia to prowadzenie światła po skomplikowanym torze.

Drugim ważnym elementem współczesnych endoskopów jest kamera CCD. Jest to dwuwymiarowa matryca zbudowana z elementów światłoczułych, które pod wpływem oświetlenia emitują ładunki elektryczne. Ładunki te gromadzone są w kondensatorach, które w rytm zegara taktującego odczytywane są przez układ elektroniczny. Układ ten mierzy ilość ładunków zgromadzonych na każdym kondensatorze i interpretuje je jako natężenie światła padającego na określony punkt matrycy. W celu uzyskania kolorowego obrazu w kamerach CCD stosowane są filtry barwne, które pozwalają na pomiar natężenia światła tylko o określonym kolorze. Z mieszania trzech kolorów: czerwonego, zielonego i niebieskiego możliwe jest odtworzenie informacji nie tylko o natężeniu światła, ale również o jego kolorze.

Endoscopia ma dziś szerokie zastosowania w medycynie, przede wszystkim w badaniach i leczeniu chorób układu pokarmowego, w tym przełyku, żołądka, dwunastnicy, jelit.



Bronchoskopia jest badaniem płuc polegającym na użyciu giętkiego „teleskopu” zawierającego światłowód, zwanego bronchoskopem.

Co w nas „słyszeć”

Ostatnią omawianą metodą diagnostyczną jest ultrasonografia. Jest to nieinwazyjna metoda wykorzystująca zjawisko rozchodzenia się, rozpraszania i odbicia fali ultradźwiękowej na granicy dwóch ośrodków. W diagnostyce medycznej wykorzystywane są fale z przedziału od 2 do 18 MHz (2-18 milionów Hz). Fale akustyczne o tak wysokiej częstotliwości nie są rejestrowane przez ucho ludzkie (ucho jest czułe na dźwięk o częstotliwości 2-20 000 Hz) i noszą one nazwę fal ultradźwiękowych. Fale o takim właśnie zakresie częstotliwości są wykorzystywane, ponieważ pozwalają na odpowiednio głębokie przenikanie fali w głąb organizmu (mniejsza częstotliwość – większe przenikanie) i dość duże pole widzenia, a jednocześnie uzyskanie stosunkowo wysokiej rozdzielczości (wyższa częstotliwość – lepsza rozdzielczość).

W ultrasonografii fale ultradźwiękowe generowane są za pomocą przetwornika wykorzystującego zjawisko piezoelektryczne, polegające na zmianie rozmiarów pewnych materiałów pod wpływem przyłożenia do nich napięcia elektrycznego. Doprowadzenie do przetwornika napięcia zmiennego o tak wysokiej częstotliwości wprawia go w drgania, co w konsekwencji prowadzi do emisji fali ultradźwiękowej.

Poszczególne tkanki posiadają różne gęstości. Fale dźwiękowe odbijają się na ich granicy i powracają do przetwornika w postaci echa. Fale odbite rejestrowane są na ich granicy przez ten sam przetwornik, który tym razem zamienia dźwięk na prąd. W oparciu o ten pomiar wyznaczany jest czas rozchodzenia się dźwięku w organizmie, jak również natężenie zarejestrowanego echa. W ostatnim etapie komputer przetwarza zarejestrowany sygnał na obraz wizualizowany na ekranie.

W starszych i prostszych ultrasonografach można zarejestrować jedynie obrazy dwuwymiarowe. Uzyskuje się je skanując kierunek rozchodzenia się wiązki ultradźwiękowej i rejestrując kolejne jednowymiarowe warstwy, ze złożenia których powstaje pełen obraz dwuwymiarowy. Nowoczesne ultrasonografy pozwalają również na uzyskanie wyraźnych trójwymiarowych obrazów badanych obiektów.

Ultrasonografia jest dziś bardzo popularną metodą diagnostyczną, główną zaletą – nieinwazyjność. Stosuje się ją m.in. w kardiologii, gastrologii, endokrynologii itd., czyli wszędzie tam gdzie obrazowane są tkanki miękkie albo mięśnie. Jej dużą zaletą jest dość wysoka rozdzielczość pozwalająca na zaobserwowanie nawet niewielkich szczegółów oraz stosunkowo niska cena. Ze względu na brak skutków ubocznych jest ona również szeroko stosowana w badaniach diagnostycznych w okresie ciąży.

Trzy omówione powyżej przykłady pokazują jak wiele zjawisk fizycznych znalazło swoje zastosowanie



Obraz twarzy płodu wykonany za pomocą ultrasonografu

w gabinetach lekarskich. Warto jednak zdać sobie sprawę, że droga do ich zastosowania była długa i wymagała współpracy wielu specjalistów poczynawszy od fizyków i inżynierów, a na informatykach i lekarzach skończywszy. Praktycznie wszystkie ze stosowanych obecnie metod diagnostyki medycznej są wciąż rozwijane i udoskonalane. Niezmiennie trwają prace nad zwiększeniem niezawodności, zmniejszeniem rozmiarów, obniżeniem ceny oraz dodaniem nowych możliwości aparatom diagnostycznym. Dynamicznie rozwija się np. Magnetyczny Rezonans Jądrowy, o którym pisaliśmy już w *Fotonie* 90/2006, metoda mająca coraz większe znaczenie w medycynie. Tak wielkie zainteresowanie problemami z pogranicza biologii, chemii, medycyny i fizyki sprawia, że biofizyka jest jedną z najszybciej rozwijających się obecnie dziedzin fizyki.

Sz.P

„Pobaw się ze mną...”

Kto ma młodsze rodzeństwo lub kuzynostwo, słyszy to magiczne zdanie kilka razy dziennie. Jeśli ktoś z was ma już dość zabawy w strażaków, złodziei i policjantów, niech sam przejmie inicjatywę. W co może bawić się czytelnik *Neutrino* ze swoim młodszym rodzeństwem? Odpowiedź jest prosta - w naukowca: fizyka, chemika, biologa.

Na początek proponuję zadziwić nasze maluchy produkcją dwutlenku węgla. Wystarczy nam do tego szklana butelka 0,33 litra, proszek do pieczenia, olej, sok z cytryny i balonik.

Na dno butelki (razem z maluchem) sypiemy proszek do pieczenia, następnie wlewamy olej. Po dodaniu soku z cytryny na butelkę naciągamy balonik. Już po krótkiej chwili zaczynamy obserwować powstające bąble dwutlenku węgla, które widowiskowo przemieszczają się w oleju i powoli wypełniają balonik. I tu otwiera się dla nas pole do popisu. Możemy „błysnąć” wiedzą i wyłożyć (byle krótko i przystępnie) maluchowi teorię powstawania dwutlenku węgla w procesie oddychania, czy opowiedzieć o składzie ziemskiej atmosfery. Zyskamy autorytet starszego brata lub siostry i małego wiernego słuchacza. Sami zaś możemy zastanowić się nad przebiegiem reakcji:

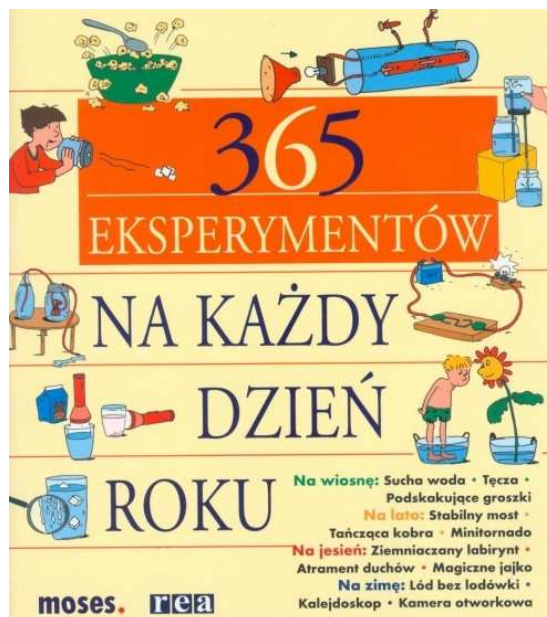
proszek do pieczenia (wodorowęglan sodu) + sok z cytryny (kwas cytrynowy) → dwutlenek węgla + ...

Co jednak gdy zafascynowany maluch poprosi o więcej eksperymentów? Wtedy najlepiej zajrzeć do książki *365 eksperymentów na każdy dzień roku* wydawnictwa REA. Znajdziemy tam propozycję prostych eksperymentów, które zadziwią nie tylko malucha. Bo czy na przykład wiecie dlaczego, gdy na brzegu talerza z wodą ułożymy promieniście drewniane wykałaczki, a na środku kostkę cukru, to po chwili kostka zacznie „przyciągać” wykałaczki?

Wszystkim czytelnikom życzę udanych eksperymentów i wychowania nowego pokolenia „neutrinowców”.

Katarzyna Leśkiewicz

Co czytać



365 eksperymentów (Wydawnictwo REA, 2005) to źródło podstawowych informacji o wielu pasjonujących zjawiskach przyrodniczych. Dlaczego rośliny rosną? Jak za pomocą cytryny zapalić żarówkę? Dlaczego powstaje wiatr, grad, piorun i grzmot? Jak zdobyć wodę na pustyni? Dlaczego detektyw zbiera odciski palców? Jak zrobić tajemniczy atrament? Jak powstają karmelki? Czy lód może powstać bez zamrażalnika?...

- 365 superciekawych eksperymentów, dostosowanych do warunków czterech pór roku;
- zajęcia łatwe, lekkie i przyjemne;
- materiały potrzebne do wykonania eksperymentów znajdziesz w każdym domu;
- ciekawe opisy i komentarze;
- ponad 400 ilustracji poglądowych.

Zabawna i pouczająca książka, pomagająca w praktycznym poznawaniu tajemnic otaczającego nas świata!

Przykładowe doświadczenia

Przyprawianie po indyjsku (218, s. 153)

Przygotuj:

- łyżeczkę kurkumy (indyjska przyprawa)
- filiżankę wody
- łyżkę
- ręcznik papierowy

Wykonanie:

1. Do wody dodaj kurkumy i wszystko dobrze wymieszaj.
2. Paski papieru śniadaniowego włóż do złotobrazowej cieczy i zostaw je tam na około minutę.
3. Wyjmij paski papieru, połóż je na płaskim talerzu i pozostaw do wyschnięcia.



Co się stanie?

Paski ręcznika papierowego nasiąkną barwną wodą i teraz mogą służyć za wskaźniki kwasowo-zasadowe.

Dlaczego?

Roztwór kurkumy zawiera barwnik, który pod wpływem kwasów lub zasad (ługów) zmienia swój kolor. W bardzo kwaśnych roztworach robi się żółty, w zasadowych czerwono-brązowy. W kwaśnym środowisku barwnik roztworu kurkumy reaguje z dodatnimi jonami wodorowymi. To one są sprawcami zmiany koloru na żółty.

Zabawy z wodą (219, s. 154)

Przygotuj:

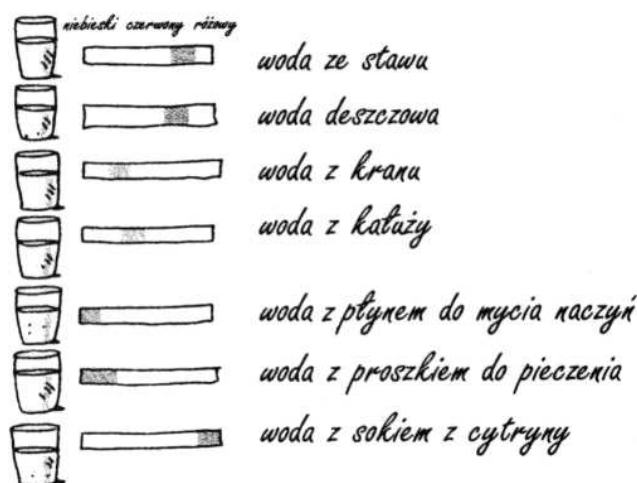
- kilka papierowych kubków
- wodę ze stawu
- wodę deszczową
- wodę z kranu
- wodę z kałuży
- wodę z płynem do mycia naczyń
- proszek do pieczenia, rozpuszczony w wodzie
- sok z cytryny
- papierek wskaźnikowy (z kurkumy)

Wykonanie:

1. Do każdego kubka wlej jedną substancję, którą chcesz przetestować.
2. W każdym kubku zamocz jeden papierek wskaźnikowy.

Co się stanie?

Każdy papierek zafarbuje się inaczej.



Dlaczego?

Papier nasiąknięty wodą z kurkumą w kwaśnym roztworze zrobi się żółty, a w zasadowym - czerwono-brązowy. Roztwór proszku do pieczenia to ług, sok z cytryny - kwas. Również woda może reagować jak kwas lub zasada w zależności od tego, jakie zawiera domieszki. Można w ten sposób przetestować jakość wody np. w rzece lub jeziorze.

Poprawna odpowiedź zadania ze strony 12: B) świeczka większa.

Obie świeczki zużywają tlen i wydzielają gorący dwutlenek węgla. Wprawdzie dwutlenek węgla ma większą gęstość niż powietrze (o tej samej temperaturze), ale gorący ma mniejszą gęstość więc zgromadzi się u góry słoika i zatrzyma wcześniej dopływ tlenu do wyższej świeczki.

Miło nam donieść, iż spośród uczniów, którzy wypełnili ankietę dotyczącą *Neutrino*, nagrody wylosowali:

- Anna Bekas - klasa IB (LO im. S. Goszczyńskiego w Nowym Targu)
- Przemek Krawczyk - klasa IIIA gimnazjum (Zespół Szkół im. Jana Pawła II w Zielonkach)
- Anna Luberda - klasa IB gimnazjum (Gimnazjum nr 4 w Gronkowie)
- Szymon Syrek - klasa IIA gimnazjum (Gimnazjum im. W. Rutkiewicz w Rząsce)

Wszystkie Wasze uwagi, również te krytyczne, będą dla nas pomocną wskazówką przy redagowaniu kolejnych zeszytów.



Ogród Doświadczeń im. Stanisława Lema mieści się w Parku Lotników Polskich – Kraków, Aleja Pokoju 67 (na przeciwko Centrum Handlowego M1).

Informacje o Ogrodzie i rezerwacje dla grup zorganizowanych na stronie: <http://www.ogroddoswiadczen.pl>

Ogród Doświadczeń to sezonowa, plenerowa ekspozycja złożona z ponad 50 interaktywnych instalacji dydaktycznych prezentujących wybrane zagadnienia z fizyki.

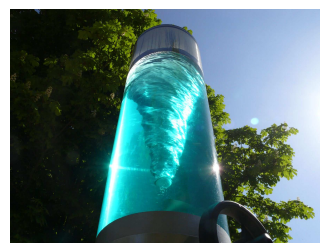
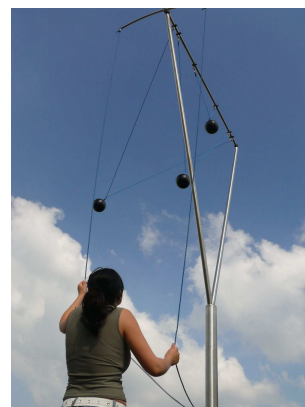
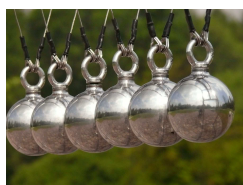
Sezon w Ogrodzie Doświadczeń trwa od Dnia Ziemi, tj. 22 kwietnia do 22 października, codziennie w godzinach od 9.00 do 19.00 (od 1 października – do godz. 17.00).

Samodzielne wykonywanie kilkudziesięciu eksperymentów pozwala na stopniowe odkrywanie praw otaczającego nas świata i racjonalne ich zrozumienie, na przykład:

- Trzy wahadła – wprowadzają w świat drgań, pokazują zjawisko rezonansu.
- Platforma równowagowa – współpracując w grupie można spróbować ustawić platformę poziomo (doprowadzić do stanu równowagi nietrwałej).
- Kołyska Newtona – zachwyca rytmicznymi drganiami. Ukazuje zasadę zachowania pędu i energii.
- Wir wodny – ilustruje zjawisko przejścia z ruchu laminarnego cieczy w turbulentny.

Ogród Doświadczeń to:

- odkrywanie praw i tajemnic Natury,
- nauka przez doświadczanie,
- ciekawe eksperymenty,
- bezpośredni kontakt z przyrodą,
- refleksja,
- rekreacja.



Odwiedzaj nas często! Zapraszamy!