

Co w zeszycie

Skąd wiemy, jak jest zbudowane Słońce? Jak zbadamy budowę Marsa? Jak się wykrywa śladowe ilości pierwiastków? Jak się identyfikuje cząstki elementarne? Skąd wiemy np., że to akurat proton wpadł do atmosfery z promieniowaniem kosmicznym? Artykuły w tym *Neutrinie* pomogą Wam zapoznać się z metodami fizyków szukających odpowiedzi na powyższe pytania. Dowiedziecie się, jak można wykorzystać odkrycia fizyków np. w modzie.

„Gazy szlachetne w służbie magnetycznego rezonansu jądrowego” to ciekawy artykuł, a zarazem jeden z tematów rozwijanych przez fizyków zajmujących się optyką kwantową w Instytucie Fizyki UJ.

Rzut oka do przeszłości to artykuł o pokazie J.A. Nolleta dla króla Francji Ludwika XV oraz notka o wynalazcy tzw. butelki lejdejskiej E.J.G. von Kleiscie, mieszkańcu Kamienia Pomorskiego.

Zachęcamy też do przeczytania wypowiedzi profesora Andrzeja Kajetana Wróblewskiego, fizyka zajmującego się cząstkami elementarnymi, który o mało co nie zniechęcił się do fizyki, uważanej w szkole za bardzo nudną.

Mamy też dla Was propozycję spektakularnego doświadczenia fizycznego.

Z.G-M



Spis treści

Jak rejestrujemy i rozpoznajemy cząstki	1
Jak rozpoznawać pierwiastki i związki chemiczne.....	5
Gazy szlachetne w służbie magnetycznego rezonansu jądrowego	9
Nagroda Nobla 2012 z fizyki za kwantowe manipulacje	10
Moda fotochromowa.....	12
Nie należy się zniechęcać – Andrzej Kajetan Wróblewski w szkole.....	16
Zadanie.....	18
Łańcuch z dzieci przewodzący prąd	19
Pokaz królewski.....	20
Butelka lejdejska, czyli kondensator ładunku elektrycznego.....	21



Jak rejestrujemy i rozpoznajemy cząstki

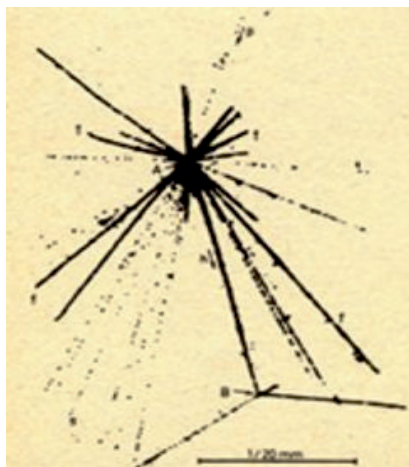
Często czytamy, że fizycy badający zderzenia wiązek z wielkich akceleratorów odkryli nową cząstkę. Wiele Nagród Nobla w XX wieku przyznano za takie odkrycia. A skąd właściwie wiadomo, że w wyniku zderzeń znanych cząstek powstało „coś nowego”? Jak rejestrujemy i rozróżniamy cząstki?

Wiesz zapewne, że pojedynczych cząstek nie można dostrzec nie tylko „gołym okiem”, ale nawet za pomocą najpotężniejszych mikroskopów. Obiekt oświetlony światłem widzialnym możemy zobaczyć tylko wtedy, gdy jego rozmiary są duże w porównaniu z długością fali tego światła. Najmniejsza długość fali elektromagnetycznej z zakresu światła widzialnego to ponad 100 nm (czyli 10^{-7} m), a więc dziesięć milionów razy więcej niż rozmiary jąder atomowych, które nie przekraczają 10 fm (femtometrów), czyli 10^{-14} m. Protony i neutrony są jeszcze mniejsze od jąder, a cząstki takie jak elektron uważamy za cząstki punktowe – nieposiadające rozmiarów. Rejestracja cząstek nie może więc polegać na „oświetlaniu” ich światłem widzialnym.

Nie można też tego światła zastąpić promieniowaniem elektromagnetycznym o mniejszej długości fali (ani żadnym innym rodzajem promieniowania). Najdoskonalsze mikroskopy elektronowe pozwalają „zobaczyć” pojedyncze cząsteczki i atomy, ale to obiekty setki tysięcy razy większe niż protony. Skąd więc wiemy, co „wylatuje” z miejsca zderzenia cząstek? Przelatujące cząstki powodują zmiany w materii. Takie zmiany rejestrujemy dzięki **detektorom** różnego typu.

Nie będziemy tu oczywiście omawiać szczegółowo procesów zachodzących w takich detektorach (ich omówienie znajdziecie w artykule „Detektory w fizyce cząstek” w *Fotonie* 120). Najczęściej wykorzystuje się w nich **jonizację**, czyli odrywanie elektronów od atomów materii w wyniku oddziaływania z przelatującą cząstką naładowaną. Powstałe w ten sposób swobodne ładunki mogą być użyte do wytworzenia sygnału prądowego, jeśli do elektrod w ich pobliżu przyłożymy napięcie. Jednak najwcześniejszym detektorem, za pomocą którego Becquerel odkrył radioaktywność naturalną, a Röntgen promieniowanie nazwane jego imieniem, była po prostu klisza fotograficzna. Zjonizowanie związków srebra obecnych w kliszy powoduje uwolnienie drobin metalu; to one po utrwale-

niu kliszy zaciemniają ją w miejscach, przez które przeszło promieniowanie. Do dziś bloki emulsji fotograficznej (podobnej do tej z dawnych klisz) są używane do rejestracji śladów pojedynczych cząstek naładowanych.



Rys. 1. Historyczne zdjęcie śladów produktów oddziaływania protonu o dużej energii kinetycznej (ślad p u góry zdjęcia) z jądrem bromu lub srebra w kliszy fotograficznej. Ślad h u dołu pochodzi od tzw. hiperjądra, obiektu odkrytego w ten sposób po raz pierwszy przez polskich fizyków Danysza i Pniewskiego w 1952 roku

W innych detektorach ślady jonizacji można utrzymywać i „wywoływać” na różne sposoby, a potem sfotografować. Przykładem takiego „utrwalenia” są pęcherzyki gazu powstające na śladach jonizacji w przegrzanej cieczy, wykorzystane w tzw. komorach pęcherzykowych i przedstawione dowcipnie na rys. 2.



Rys. 2. Idea komory pęcherzykowej (źródło: Komiks CERN)

Istnieje też wiele innych zjawisk, wywołanych przez przelot cząstek naładowanych i wiele sposobów uzyskiwania z nich sygnałów. Zatem nie jest trudno zbudować detektory rejestrujące przelot cząstek. Znacznie trudniejsze jest drugie zadanie wymienione w tytule: rozpoznanie, czyli identyfikacja cząstek.

Wielkością fizyczną, która rozróżnia cząstki, jest masa. Jednak masy cząstek nie można zmierzyć tak, jak masy przedmiotów makroskopowych – siły grawitacyjne działające na cząstki są zbyt małe. Można jednak skorzystać ze związku między masą m cząstki swobodnej, jej energią E i szybkością v . W fizyce Newtona taki związek ma postać

$$E = \frac{1}{2}mv^2. \quad (1)$$

Dla cząstek poruszających się z szybkością bliską c (szybkością światła w próżni), związek jest całkiem inny, bo w bilansie energii należy uwzględnić energię spoczynkową cząstki $E_0 = mc^2$. Związek ten ma postać

$$E = mc^2\gamma, \quad (2)$$

gdzie γ to tzw. czynnik Lorentza, związany z szybkością v wzorem

$$\gamma^2 = \frac{c^2}{c^2 - v^2}. \quad (3)$$

Zatem mierząc niezależnie wartość prędkości i energię można w obu przypadkach wyznaczyć masę.

W jaki sposób wykonać takie pomiary? Okazuje się, że np. intensywność jonizacji, czyli liczba jonów wytworzonych na jednostkę długości toru cząstki, zależy od energii. W innych typach detektorów sygnał też bywa zależny od energii. Zatem we współczesnych wielkich detektorach, zawierających wiele elementów, pomiar energii nie sprawia fizykom trudności.

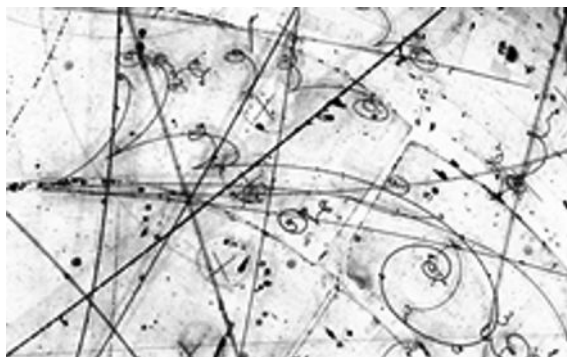
Pozornie pomiar wartości prędkości powinien być jeszcze łatwiejszy: wystarczy przecież zmierzyć czas przelotu między dwoma punktami, znając odległość między nimi. Niestety dla cząstek o szybkości bliskiej c dokładność takiego pomiaru bywa zwykle niewystarczająca dla wyznaczenia masy z rozsądną dokładnością. Na przykład dla $v = 0,9999 c$ mamy $\gamma^2 = 5000$, ale jeśli niepewność pomiaru v wynosi nawet tylko $0,00005 c$, czyli v jest zawarte między $0,99985 c$ a $0,99995 c$, to γ^2 jest zawarte między 3300 a 10 000. Pomiar energii E da nam wartość masy $m = E/\gamma$ z dokładnością niewiele lepszą niż 50%!

Na szczęście natura dostarczyła nam uprzejmie możliwości dokładnego pomiaru szybkości bliskiej c . W pierwszej połowie XX wieku odkryto tak zwany efekt Czerenkowa, polegający na emisji światła przez cząstki naładowane, poruszające się z szybkością większą niż szybkość światła w danym ośrodku. Ta szybkość jest związana ze współczynnikiem załamania światła n prostym wzorem $v = c/n$ i np. dla wody wynosi około $0,75 c$, bo $n \approx 1,33$. Natomiast dla gazów n jest zwykle tylko nieznacznie większe od jedynki, więc promieniowanie Czerenkowa wysyłają tylko cząstki o szybkości nieznacznie mniejszej od c . Różnicę $c - v$, a zatem i czynnik γ^2 , można wtedy wyznaczyć z analizy promieniowania bardzo dokładnie.

Prawdę mówiąc, jeszcze łatwiej można wyznaczyć w detektorach śladowych inną wielkość związaną z masą i prędkością: pęd, którego wartość jest dana w fizyce Newtona wzorem $p = mv$, a w fizyce relatywistycznej wzorem

$$p = m v \gamma. \quad (4)$$

Jeśli detektor jonizacyjny umieścimy między okładkami magnesu, to tor cząstki ulega zakrzywieniu. Cząstka porusza się nie po prostej, a po łuku okręgu, którego promień jest proporcjonalny do wartości pędu.



Rys. 3. Zdjęcie torów cząstek z detektora umieszczonego w polu magnetycznym

Zatem masę można też wyznaczyć np. mierząc pęd i prędkość. Zwykle jest to najdokładniejsza metoda.

Wszystko, co napisano powyżej, odnosi się do cząstek, które żyją dość długo, aby zostawić widoczne ślady. Co to oznacza? Cząstka o czasie życia τ poruszająca się z szybkością bliską c przebywa w tym czasie odległość $l = c\tau$. W fizyce relatywistycznej czas życia w układzie odniesienia, w którym cząstka porusza się, jest dłuższy o czynnik γ od czasu życia w układzie, w którym cząst-

ka spoczywa. Zgodnie z wzorami wspomnianymi wyżej $\gamma = E/mc^2$, co dla cząstek o wielkich energiach może być dość dużą liczbą. Niemniej odległość przebyta przed rozpadem rzadko przekracza 100 cm . Aby ślad można było zmierzyć w detektorze, nie powinien być krótszy niż 10 μm , czyli 10^{-5} m. Zatem czas życia τ nie może być krótszy niż 10^{-16} s.

Co zrobić z cząstkami, które żyją krócej? Może nam pomóc podstawowe prawo przyrody: prawo zachowania energii i pędu. Jeśli cząstka rozpada się na dwie inne cząstki, zwane produktami rozpadu, to suma energii produktów musi być równa energii rozpadającej się cząstki: $E = E_1 + E_2$, a suma wektorów pędu produktów – pędowi cząstki: $\mathbf{p} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2$. Z podanych wyżej relatywistycznych wzorów (2) i (4) na energię i pęd wynika, że

$$m^2 = \frac{E^2}{c^4} - \frac{p^2}{c^2}, \quad (5)$$

więc

$$m^2 = \frac{(E_1 + E_2)^2}{c^4} - \frac{|\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2|^2}{c^2}. \quad (6)$$

Zatem zgodnie z zasadami fizyki klasycznej odkrycie, że dwie cząstki są produktami rozpadu innej, powinno być dziecinnie proste: dla takich par cząstek prawa strona powyższego wzoru obliczona ze zmierzonych wartości energii i pędów powinna zawsze mieć tę samą wartość m^2 . W fizyce kwantowej, która obowiązuje w świecie cząstek, sytuacja jest nieco bardziej skomplikowana. Jeśli czas życia cząstki τ jest skończony, to jej masa m nie jest ściśle określona, ale „rozmyta” z niepewnością $\Delta m = h/(4\pi\tau c^2)$, gdzie h jest stałą Plancka ($h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js). Dla par cząstek pochodzących z rozpadu tej cząstki wartość prawej strony wzoru nie będzie ściśle ustalona. Wykres liczby przypadków w zależności od tej wartości powinien mieć jednak w pobliżu wartości m^2 maksimum o szerokości Δm .

Takie maksimum można zaobserwować w danych, jeśli rozmycie Δm nie jest zbyt duże (w praktyce powinno być znacznie mniejsze od m). Dla najcięższych znanych obecnie cząstek (o masach rzędu stu mas protonu), bozonów Z i W , kwarku t oraz odkrytego w 2012 roku bozonu Higgsa H można było z pomiaru rozmycia maksimum wyznaczyć czasy życia krótsze niż 10^{-26} s!

Jak widać, obecne możliwości doświadczalne pozwalają na identyfikację cząstek w ogromnym zakresie mas i czasów życia. Choć nie możemy ich zobaczyć, jesteśmy pewni ich istnienia tak samo, jak istnienia obiektów makroskopowych.

Krzysztof Fiałkowski





Źródło: Komiks CERN.

Jak rozpoznawać pierwiastki i związki chemiczne

Ile złota jest w koronie? Czy Arafat został otruty? Czy na szczątkach samolotu znajduje się trotyl? Jak zbudowany jest Mars? – to pytania, które zadają sobie „zwykli” ludzie. Chemicy i fizycy potrafią na te pytania znajdować odpowiedzi.

Co to jest spektroskopia

Z rozmaitych powodów chcemy wiedzieć, z czego zbudowany jest świat, który nas otacza. Pewien król chciał wiedzieć, ile jest złota w jego złotej koronie. Jak głosi legenda pomógł mu w tym Archimedes, który podobno kąpiąc się w wannie odkrył prawo nazwane później jego imieniem. Tak więc dzięki fizyce pojawił się pomysł rozwiązania problemu trapiącego króla. Trzeba było wyznaczyć gęstość materiału, z którego była zrobiona korona. Ponieważ znana była gęstość czystego złota, pomiar gęstości korony dawał informację, czy nie dodano jakiegoś metalu (np. srebra) o innej gęstości. Metoda Archimedesesa zawiodłaby na statku kosmicznym w stanie nieważkości, ale w przypadku problemu korony sprawdziła się doskonale.

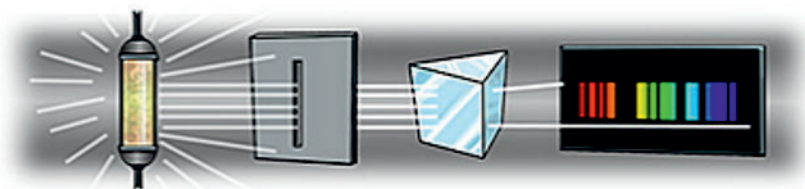
Problem identyfikacji składników budowy materii zaprzętał głowy alchemików, a następnie chemików. Stworzyli oni zaawansowany dział chemii analitycznej i wynaleźli rozmaite wyrafinowane metody. Kłopot w tym, że do analizy chemicznej trzeba mieć w miarę duże próbki substancji. Metody chemii analitycznej zawodzą, gdy szukamy wielkości śladowych lub gdy pobranie próbki jest niemożliwe. Tak też jest, gdy chcemy wiedzieć, z czego zbudowane są

gwiazdy, np. nasze Słońce. Z kolei detektywi w celu rozwiązania zagadek kryminalnych szukają materiałów śladowych. Na przykład po latach ekshumuje się zwłoki by zbadać, czy nieboszczyk np. nie został otruty. Ostatnio media podały, że zmarły 10 lat temu Jaser Arafat, został ekshumowany w celu zbadania, czy aby go nie otruto polonem, a jeśli tak, to z jakiego źródła ten polon pochodził.

Z pomocą w rozwiązywaniu tego typu problemów przyszła fizyka. Okazało się, że gdy substancję pobudzi się do świecenia, to z charakteru światła wysyłanego przez nią można rozpoznać, z czego ta substancja jest zbudowana. Tym zagadnieniem zajmowali się już fizycy w XIX wieku.

Wiadomości na ten temat, a nawet instrukcję budowy prostego **spektroskopu** – czyli instrumentu badającego emitowane światło – można znaleźć w *Neutrinie 7* (www.if.uj.edu.pl/Foton/). Zasada działania spektroskopu jest następująca: badaną substancję należy np. przez podgrzanie doprowadzić do postaci gazowej, w której swobodne atomy i drobiny zostają „wzbudzone” i wysyłają światło. Okazuje się, że wszystkie pierwiastki mają „charakterystyczny „odcisk palca”, tak zwane widmo promieniowania. Można więc sporządzić atlas widm i przez porównanie badanego widma z takim atlasem identyfikować świecące pierwiastki. W ten oto „cudowny” sposób można było zobaczyć, z czego zbudowane jest Słońce.

W laboratorium do świecenia można pobudzać pierwiastki poprzez wyładowania elektryczne. Metoda ta pozwala m.in. na badanie struktury budowy pierwiastków oraz dostarcza danych doświadczalnych potwierdzających słuszność praw mechaniki kwantowej.



Promieniowanie przechodzi przez szczelinę kolimującą, a następnie pada na pryzmat (lub siatkę dyfrakcyjną), który rozdziela promieniowanie na składowe o różnych długościach fal, co pozwala przeanalizować widmo emitowanego światła. Cechą charakterystyczną tego promieniowania są tzw. linie widmowe

Fizycy nabrali apetytu na coraz dokładniejsze badanie struktury materii, chcieli rozpoznawać nie tylko pierwiastki, z jakich substancja jest zbudowana, ale i związki chemiczne oraz ich budowę. Okazało się, że badanie promieniowania rentgenowskiego dostarcza do tego doskonałych narzędzi.

Atomy „sprovokowane” padającymi na materię elektronami wysyłają promieniowanie elektromagnetyczne charakterystyczne dla danej substancji o częstościach większych od częstości światła. Badając widmo charakterystyczne promieni X można rozszyfrowywać budowę materii. Metoda ta nosi nazwę **rentgenowskiej spektroskopii fluorescencyjnej (XFR)**.

W metodzie XFR badany materiał umieszcza się w strumieniu wysokoenergetycznych fotonów z lampy rentgenowskiej. Energia tych bombardujących fotonów musi być wyższa od energii wysyłanego promieniowania charakterystycznego dla badanej substancji.

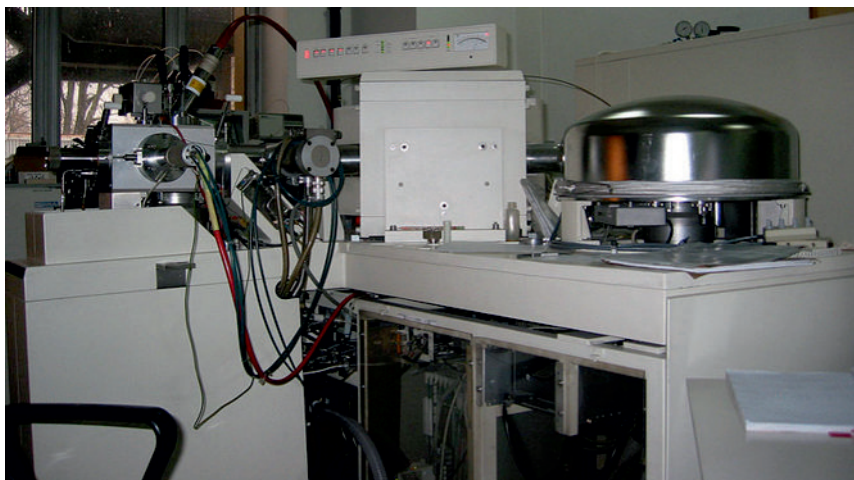
Do rejestracji promieniowania fluorescencji rentgenowskiej stosuje się obecnie detektory półprzewodnikowe, w miejsce dawnych klisz fotograficznych. W komercyjnych spektrometrach (spektroskopach z dokładną skalą) odpowiednia kalibracja pozwala na bezpośrednie wyznaczenie koncentracji pierwiastków w badanym materiale na podstawie zmierzonych natężeń linii widmowych.

Spektroskopia masowa (MS)

Spektroskopia masowa „wykorzystuje” fundamentalne prawo Newtona, pozwalające przewidywać ruch ciał o różnej masie, jeśli znamy siły działające na to ciało. Jej „ojcem” jest znany fizyk angielski J.J. Thomson (zdjęcie obok), który w 1906 roku dostał Nagrodę Nobla.

Zjonizowane atomy czy drobiny różnią się między sobą masą i ładunkiem elektrycznym. Umieszczone w polu elektrycznym i magnetycznym pod wpływem działania sił tych pól będą się poruszać. W stałym polu elektrycznym będą przyspieszać: bardziej masywne – wolniej, lżejsze – szybciej. Bardziej będą także przyspieszać te o większym ładunku q od tych o ładunku mniejszym. Promień krzywizny toru naładowanych cząstek w jednorodnym polu magnetycznym zależy od stosunku m/q . Cząstki naładowane ładunkiem jednego znaku odchylają się w jedną stronę, a przeciwnego znaku – w drugą (efekt ten można zauważyć na rys. 3 w artykule *Jak rejestrujemy i rozpoznajemy cząstki*).

Obserwując ruch naładowanych cząstek (lub tylko czas, w jakim docierają do jakiegoś celu), można wydedukować, które z nich były cięższe, a które lżejsze. Wykonując stosowny pomiar możemy nawet wyznaczyć stosunek mas różnych jonów (metoda czasu przelotu). Na tej zasadzie zbudowany jest spektrometr masowy np. do rozróżniania izotopów. Wynika z tego, że analizując tory cząstek powstających w zderzeniach w akceleratorach możemy dokonać ich identyfikacji.



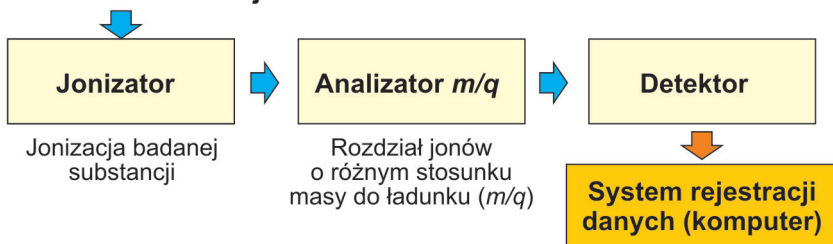
Nowoczesny komercyjny spektrometr masowy

Obecnie spektrometria mas służy do:

- identyfikacji związków chemicznych i ich mieszanin,
- ustalania struktury związków chemicznych,
- ustalania ich składu pierwiastkowego,
- ustalania składu izotopowego analizowanych substancji, co m.in. umożliwia określenie ich źródła pochodzenia,
- precyzyjnego ustalania składu złożonych mieszanin związków o wysokich masach molowych.

Niezależnie od konstrukcji i przeznaczenia we wszystkich spektrometrach mas występują następujące elementy:

Analizowana substancja



Dalsze wyzwania

Analiza składu pierwiastków (jakie i ile) to nie koniec zainteresowań naukowców. Chodzi o rozwikłanie struktury stechiometrycznej.

Rozpatrzmy przykład: alkohol metylowy (C_2H_5OH) i etylowy (CH_3OH) składają się z tych samych pierwiastków węgla, tlenu i wodoru. Najprostszy spektroskop nie odróżniłby par tych alkoholi, bowiem zbudowane są z tych samych pierwiastków. Chemicy jednak bez kłopotu rozróżniają te substancje klasycznymi metodami. Ponieważ organoleptycznie trudno stwierdzić jakąkolwiek różnicę, do handlowego alkoholu metylowego dodaje się barwnik ze względów bezpieczeństwa.

Podobnie jest z innymi substancjami. Większość związków organicznych, składa się z wodoru, węgla, tlenu i azotu, a jednak mają bardzo różne właściwości.

Jak różne mogą być właściwości tego samego pierwiastka chemicznego uzmysławia nam węgiel. Znamy tzw. zwykły węgiel kamienny, każdy też zna węgiel w postaci grafitu, słyszał o diamentach, a ostatnio o robiących karierę w inżynierii materiałowej fulerenach i nanorurkach węglowych. To wszystko węgiel, który w naszym spektrometrze dałby taki sam obraz. Fizycy i chemicy stale udoskonalają więc metody analizy, pozwalające na zróżnicowanie sygnałów pochodzących od różnych substancji chemicznych. Jedną z takich metod jest krytalografia.

W artykule przedstawiono zasadę działania jedynie niektórych spektrografów. Metod spektroskopowych jest znacznie więcej, choćby metoda magnetycznego rezonansu jądrowego (MRJ) przedstawiona w 17 zeszytach *Neutrino*, która pozwala na rozróżnienie rodzaju substancji chemicznej, podobnie zresztą jak spektrometria w podczerwieni, którą wykorzystuje się do tego celu standardowo! W pracy fizyków i inżynierów często diabeł tkwi w szczegółach. Chodzi o uzyskanie jak największej precyzji. Chcemy na przykład prześcignąć psy

wyszkolone w wykrywaniu śladowych ilości substancji, chodzi też o możliwości pracy spektroskopów w ekstremalnych warunkach, chociażby takich, jak na Marsie. Na Marsa zrzucono łazik *Curiosity*, na którym znajduje się ruchome laboratorium SAM wyposażone m.in. w cztery spektrometry, badające budowę planety.

Atometria

Relatywnie nową dziedziną jest **atometria** – metoda wykrywania niebezpiecznych substancji. Jest ona obecnie jedyną metodą pozwalającą na bezinwazyjne określenie stechiometrii substancji i ma ogromny zakres zastosowań. Poza wykrywaniem materiałów niebezpiecznych, przemytu lub ataków terrorystycznych atometria może być stosowana także w geologii i przemyśle.

Polecamy artykuł: Michała Silarskiego, Pawła Moskala, *Atometria jako metoda wykrywania substancji niebezpiecznych*, *Foton* 112, Wiosna 2011.

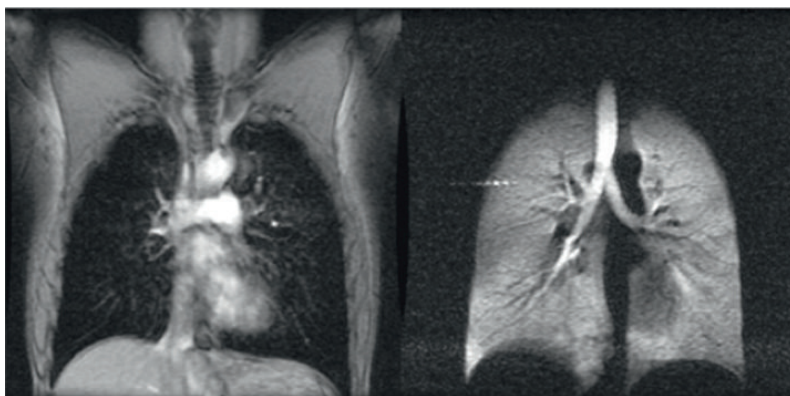
Z.G-M

Gazy szlachetne w służbie magnetycznego rezonansu jądrowego

O badaniach w Zakładzie Optyki Atomowej Instytutu Fizyki UJ

W poprzednim numerze 18 *Neutrino* mieliście okazję zapoznać się z magnetycznym rezonansem jądrowym i jego zastosowaniem w medycynie. W tym artykule przedstawimy zastosowanie tej metody do badania płuc.

Uważni czytelnicy poprzedniego artykułu pamiętają, że metoda **Magnetycznego Rezonansu Jądrowego (MRJ)** jest bardzo skuteczna w obrazowaniu ciała ludzkiego. Bazuje ona na oddziaływaniach magnetycznego momentu jąder wodoru, podstawowego składnika wody, z zewnętrznym polem magnetycznym, w którym umieszcza się pacjenta. Jak wiadomo, w płucach jest powietrze, a nie woda czy uwodnione molekuly. Z tego powodu płuca w obrazie MRJ są przedstawiane jako czarne plamy bez struktury (rys. 1 – zdjęcie po lewej stronie).

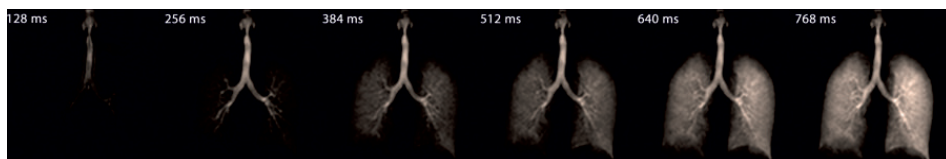


Rys. 1. Obrazy płuc wykonane metodą MRJ z użyciem standardowej procedury pomiaru sygnału z jąder atomów wodoru (po lewej) i z użyciem spolaryzowanego helu (po prawej)

Fizycy znaleźli rozwiązanie tego problemu. Otóż należy płuca napełnić jakimś nietoksycznym gazem, którego jądra będą miały moment magnetyczny, podobnie jak wodór. Nietoksyczne są gazy szlachetne, np. hel i ksenon. Można bez obawy o zdrowie odetchnąć gazem szlachetnym (byle nie za długo, aby się nie udusić z powodu braku tlenu), a w tym czasie dokonać „skanu” płuca.

Szkopuł w tym, że zarówno hel, jak i ksenon mają jądra nieposiadające momentu magnetycznego. Ale i na to jest sposób: należy użyć izotopów tych pierwiastków. Izotopy helu ^3He i ksenonu ^{129}Xe posiadają o jeden neutron mniej w jądrze, dzięki temu ich jądra mają moment magnetyczny (patrz artykuł o spinie w *Neutrinie* 18).

Samo napełnienie płuca np. izotopem helu daje jeszcze zbyt słaby sygnał, by metoda była użyteczna w diagnostyce. Okazało się, że dopiero użycie tzw. spolaryzowanego helu daje zadowalające rezultaty (rys. 1 – zdjęcie po prawej).



Rys. 2. Obrazy płuca w miarę napełniania ich spolaryzowanym helem

Co to znaczy, że hel jest spolaryzowany? To znaczy, że momenty magnetyczne jąder izotopu helu są uporządkowane, w większości ustawione równolegle i zgodnie ze zwrotem pola magnetycznego.

Fizycy potrafią wytwarzać spolaryzowany hel i ksenon. Odbывается to w procesie nazwanym pompowaniem optycznym. Więcej na ten temat będziecie mogli się dowiedzieć z artykułu Anny Wojny – doktorantki z Instytutu Fizyki UJ. Artykuł zostanie zamieszczony w *Fotonie* 120.

W Instytucie Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego znajduje się polaryzator dla ^3He . Także szpital im. Jana Pawła II w Krakowie posiada polaryzator, który jest używany w skanerze medycznym. Fizycy i lekarze współpracują nad metodą diagnostyki płuca. Metoda ta jest nieszkodliwa dla zdrowia więc można ją powtarzać wiele razy i w ten sposób śledzić postępy w leczeniu.

Z.G-M

Nagroda Nobla 2012 z fizyki za kwantowe manipulacje

W 2012 roku Komitet Noblowski przyznał nagrodę dwóm fizykom – Serge’owi Haroche’owi i Davidowi J. Winelandowi – za **przełomowe metody doświadczalne umożliwiające mierzenie pojedynczych układów kwantowych oraz manipulowanie nimi**.

Francuz Serge Haroche jest profesorem College de France w Paryżu. Jego rówieśnik Amerykanin David Wineland kieruje grupą badawczą w Narodowym Instytucie Standardów i Technologii w Colorado, pracuje też na tamtejszym uniwersytecie. Obaj nobliści podzielą się nagrodą wynoszącą 8 mln koron szwedzkich (około 940 tys. euro).

Odkrycia uczonych mogą mieć w przyszłości bardzo ważne praktyczne zastosowania, między innymi w konstrukcji kwantowego komputera oraz jeszcze bardziej dokładnego zegara kwantowego.

„Dzięki swoim pomysłowym metodom badawczym Haroche i Wineland razem z członkami swoich zespołów badawczych zdołali zmierzyć i podtrzymywać bardzo kruche stany kwantowe, które wcześniej wymykały się bezpośredniej obserwacji. Nowe metody pozwalają im badać, kontrolować i liczyć cząstki elementarne” – poinformował Komitet Noblowski.

Co to są pojedyncze układy kwantowe? To mogą być pojedyncze atomy, jony, cząsteczki, a także kwanty światła. Jak wiadomo fizyka klasyczna (newtonowska) doskonale opisuje rzeczywistość makroskopową, w kategoriach odległości i skal czasowych, znanych z życia codziennego. Zawodzi natomiast w przypadku opisu obiektów małych, takich jak cząsteczki, atomy, jądra atomowe i ich składniki, a także kwanty światła, promieniowanie Röntgena i gamma.

Optyka kwantowa odniosła ogromne sukcesy w opisie budowy i struktury materii. Ciągłe jednak marzeniem fizyków było „złapanie” pojedynczych atomów czy jonów, pojedynczych kwantów światła i zbadanie jak przebiega ich oddziaływanie. Daje to bowiem szansę na potwierdzenie słuszności podstawowych założeń mechaniki kwantowej. To zawsze ważne w nauce.

Fizycy nauczyli się „łapać” pojedyncze jony w pułapki elektromagnetyczne, a fotony więzić w „zimnych lustrzanych wnękach”. Tegoroczni nobliści pokazali, że można dokonywać doświadczeń na takich pojedynczych obiektach.

Dwa zespoły fizyków podeszły do problemu z dwóch różnych stron. Amerykanin David Wineland więzi pojedyncze jony, aby je badać i wpływać na nie za pomocą fotonów, natomiast Francuz Serge Haroche więzi pojedyncze fotony i bada je za pomocą pojedynczych, specjalnie spreparowanych atomów. Okazuje się, że takie pozornie bardzo podstawowe badania mają bardzo praktyczne konsekwencje.

Komitet Noblowski w uzasadnieniu swojego wyboru napisał: „Możliwe, że komputery kwantowe w XXI w. zmienią nasze codzienne życie tak samo jak klasyczne komputery zmieniły je w poprzednim stuleciu. Te badania doprowadziły również do budowy niesłychanie precyzyjnego zegara, który w przyszłości może zmienić standardy pomiaru czasu, ponieważ odmierza go z dokładnością stokrotnie większą niż dzisiejsze zegary atomowe”.

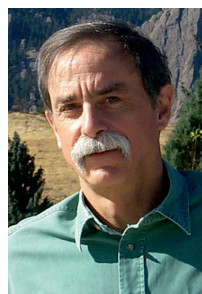
Nieco więcej na temat tegorocznej Nagrody Nobla można znaleźć w artykule Piotra Zielińskiego zamieszczonym w grudniowej „Deltce”:

http://www.deltami.edu.pl/temat/fizyka/fizyka_kwantowa/2012/11/12/Nobel_z_kwantowe_manipulacje/.

Bardziej dociekliwym polecamy artykuł profesora Wojciecha Gawlika w zimowym *Fotonie* 119 (<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/>). Optycy krakowscy z Zakładów Optyki Kwantowej współpracują z zespołami badawczymi tegorocznych noblistów.



Serge Haroche



David J. Wineland

Moda fotochromowa

Często jesteśmy przestrzegani przed złym wpływem różnych substancji i czynników. Słyszymy na przykład, że należy unikać zbyt intensywnego opalania oraz hałasu, że trzeba chronić się przed przegrzaniem oraz wyziębieniem, że należy regularnie pić i spożywać zdrowe jedzenie. Ucieszylibyśmy się zapewne z możliwości kontrolowania szkodliwych czynników obecnych w naszym środowisku. Ale już nie każdy chciałby nosić wszędzie ze sobą skomplikowane urządzenie pomiarowe, które informowałoby o przekroczeniu dopuszczalnych norm. Idealnym rozwiązaniem, również dla osób pracujących na co dzień w szkodliwych warunkach, byłyby małe, lekkie i proste czujniki, które można by nosić przy sobie cały czas. Wychodząc naprzeciw takim oczekiwaniom, prowadzi się obecnie dużo badań poświęconych opracowaniu i produkcji tzw. „inteligentnych materiałów”. Jednym z takich materiałów są tekstylia fotochromowe.

Moda plażowa i nie tylko

Wyobraźmy sobie, że w piękny słoneczny dzień wybieramy się nad wodę. Wiadomo, że nie należy wystawiać się na działanie promieni słonecznych zbyt długo ze względu na szkodliwość obecnego w nich promieniowania ultrafioletowego (promieniowania UV). Chcielibyśmy wiedzieć, kiedy dokładnie powinniśmy zakończyć plażowanie. Eleganckim rozwiązaniem byłoby na przykład posiadanie czapki z daszkiem lub chustki, która zmieniałaby kolor pod wpływem promieni UV. Czy to nie jest pomysł rodem z książek *science-fiction*? Okazuje się, że nie. Przykładem może być taka oto koszulka z nadrukiem:



Zakładając koszulkę w domu zobaczymy tylko czarno-biały obrazek. Natomiast pod wpływem promieniowania ultrafioletowego rysunek staje się barw. W zależności od intensywności promieniowania pojawienie się kolorów może potrwać dłużej lub krócej. Im większa intensywność promieni UV, tym szybciej rysunek nabiera kolorów.

Tkaniny zabarwione w ten sposób mogą też stanowić ciekawy materiał dla projektantów mody, co ilustruje poniższa fotografia sukienki, zmieniającej kolor w zależności od oświetlenia. Wewnątrz pomieszczeń sukienka ma kolor zielony, a pod wpływem promieniowania UV nabiera fioletowych odcieni.

Oprócz tekstyliów, można w ten sposób barwić inne materiały. Istnieją na przykład lakiery do paznokci, które wewnątrz pomieszczeń mają stonowany, blade kolor, a w świetle słonecznym przybierają dużo intensywniejszą barwę.

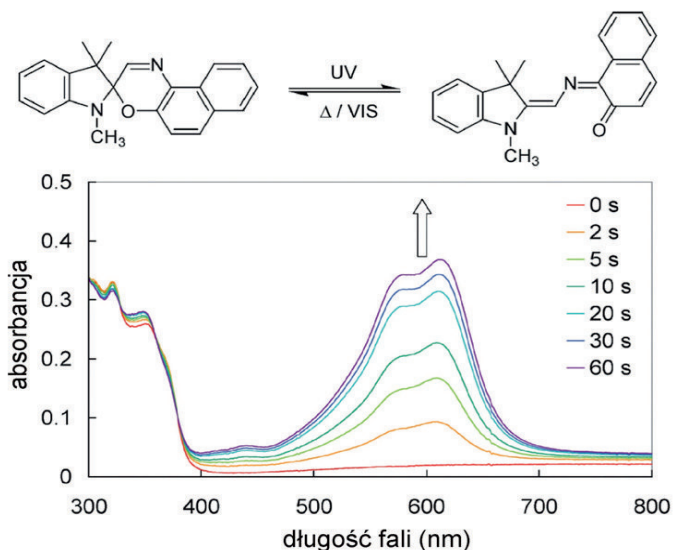


Jak działają barwniki fotochromowe?

Barwniki, które zmieniają kolor pod wpływem promieniowania ultrafioletowego, noszą nazwę barwników fotochromowych. Kolor materiału zależy od tego, jaką część promieniowania widzialnego pochłaniają cząsteczki barwnika. Kiedy na materiał pada światło białe, zawierające wszystkie kolory tęczy, to część kolorów jest pochłaniana, a reszta odbijana od materiału (patrz ramka „Widmo absorpcyjne”).

Pod wpływem światła UV cząsteczki barwnika fotochromowego zmieniają swój kształt. Ponieważ rodzaj (długość fali) pochłanianego przez barwnik światła zależy od kształtu cząsteczki, to wraz ze zmianą kształtu cząsteczki modyfikacji ulega także kolor materiału.

Poniższy rysunek przedstawia zmianę kształtu cząsteczki barwnika pod wpływem promieniowania UV i towarzyszące jej zmiany widma absorpcyjnego. Początkowo absorpcja (patrz ramka) w zakresie promieniowania widzialnego jest bliska zeru (linia czerwona, $t = 0$ s), jednak już po upływie minuty widoczna jest znaczna absorpcja światła w zakresie od 550 do 650 nm (linia fioletowa, $t = 60$ s).



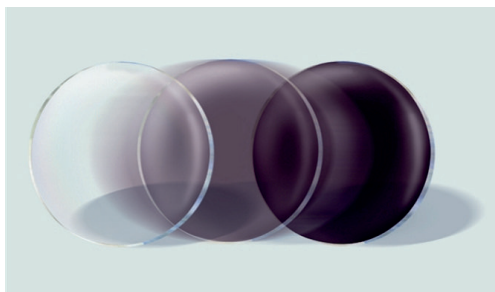
Aby zmiana barwy była odwracalna, cząsteczki barwnika powinny powracać do pierwotnego kształtu po przerwaniu naświetlania promieniowaniem UV. Niestety, na ogół struktura cząsteczki barwnika po naświetleniu jest niestabilna i łatwo ulega zniszczeniu. Aby temu zapobiec, farby tekstylne zawierają również inne związki chemiczne. Niektóre z tych związków zapewniają cząsteczkom barwnika stabilny kształt po naświetleniu, dzięki czemu cząsteczki mogą powrócić do oryginalnego kształtu po zakończeniu naświetlania.

Do czego jeszcze służą barwniki fotochromowe?

W okresie jesienno-zimowym, kiedy wcześniej zapada zmrok, dobrze jest wyposażać się w jakiś element ostrzegawczy w postaci odblaskowej naklejki, szelek lub kamizelki. Dotyczy to zarówno uczestników ruchu drogowego jak i pieszych oraz psów wyprowadzanych na spacer. Odzież ostrzegawcza jest również używana przez cały rok przez pracowników wielu grup zawodowych. Z upływem czasu tkaniny, z których wykonane są ubrania ostrzegawcze, bledną pod wpływem promieniowania UV. W celu zapewnienia bezpiecznego poziomu widzialności odzieży ochronnej można wykorzystać barwniki fotochromowe w roli wskaźników zużycia materiału. Wystarczy przykleić do ubrania kawałek materiału, którego kolor ulega zmianie pod wpływem promieniowania UV. W przeciwieństwie do farb tekstylnych wskaźniki zużycia przygotowywane są bez dodatkowych substancji stabilizujących, pomagających cząsteczkom utrzymywać ich kształt. Z powodu braku tych substancji, cząsteczki barwnika fotochromowego ulegają stopniowej degradacji – tracą możliwość zmiany kształtu. Ostatecznie, wskaźnik przestaje zmieniać kolor pod wpływem promieniowania UV. Czas, po którym następuje całkowite zniszczenie cząsteczek barwnika, zależy od rodzaju barwnika, od intensywności promieniowania UV oraz od czasu napromieniowania. Można tak dobrać barwnik fotochromowy, żeby jego czas zużycia odpowiadał czasowi degradacji tkaniny, z której wykonano odzież ostrzegawczą. Wówczas w momencie, kiedy wskaźnik przestaje zmieniać kolor, należy wymienić ubranie ochronne.

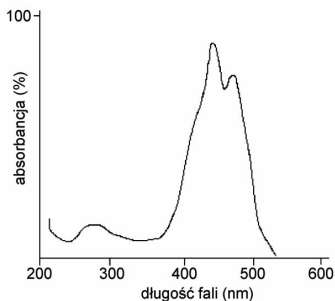
Barwniki fotochromowe wykorzystywane są także w procesie produkcji szkielek do okularów. Soczewki fotochromowe zmieniają barwę w zależności od intensywności promieniowania ultrafioletowego, co umożliwia ich używanie zarówno w pomieszczeniach jak i na zewnątrz.

Wśród innych zastosowań barwników fotochromowych warto też wymienić ich rolę w ochronie markowych produktów. Można przy ich użyciu nadrukowywać firmowe logo lub inne znaki ochronne widoczne jedynie pod wpływem naświetlania promieniowaniem UV. Można również wykorzystać specjalnie zabarwione nici do szycia, lub wykonać część produktu z materiału fotochromowego. Ograniczeniem w zastosowaniu barwników fotochromowych jest przede wszystkim wyobraźnia.

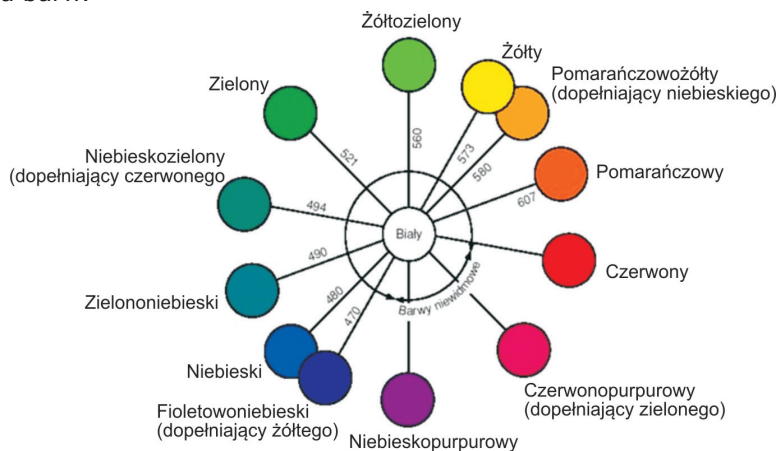


Widmo absorpcyjne

Aby jakikolwiek przedmiot był dla nas widoczny musimy móc zaobserwować odbite od niego światło w zakresie widzialnym. Zakres ten obejmuje promieniowanie o długości fali od około 400 do 800 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Mieszanie wszystkich kolorów z tego zakresu docierającą do naszych oczu odbieramy jako światło białe. Kolor materiału zależy od tego, która część padającego na nie światła ulegnie odbiciu, a która zostanie pochłonięta przez materiał. Barwę substancji charakteryzuje się mierząc tzw. widmo absorpcyjne. Badanie to polega na oświetlaniu materiału promieniowaniem o różnych kolorach (różnych długościach fali) i pomiarze ilości światła pochłanianego. Można w ten sposób sporządzić wykres, na którym na osi poziomej podajemy długość fali światła, a na osi pionowej – absorbancję, czyli stopień pochłaniania światła. Dla przykładu zaprezentowano widmo absorpcyjne barwnika organicznego – beta karotenu, nadającego roślinom charakterystyczny pomarańczowy kolor.



Jeśli materiał odbija wszystkie barwy światła w 100% (absorbancja wynosi wtedy 0% w całym zakresie długości fali), to taki materiał wydaje się nam biały. Jeśli substancja pochłania wszystkie barwy w 100% (absorbancja równa 100% w całym zakresie), to taką substancję postrzegamy jako czarną. Natomiast jeśli materiał pochłania wybiórczo tylko pewien wybrany zakres długości fali, to do naszych oczu dotrze wówczas promieniowanie odbite zubożone o ten przedział długości fali. Barwę obiektu można określić za pomocą tzw. koła barw.



Kolor materiału to kolor dopełniający (znajdujący się po przeciwnej stronie koła barw) w stosunku do zakresu promieniowania pochłanianego. Dla przykładu, beta karoten pochłania w dużym stopniu promieniowanie z zakresu od 400 do 500 nm, co odpowiada światłu o kolorze niebieskozielonym. Zgodnie z kołem barw zakres kolorów dopełniających zawiera różne odcienie żółtego, pomarańczowego i czerwonego. Części roślin zawierające beta karoten (na przykład korzeń marchewki) widzimy więc jako pomarańczowe.

Nie należy się zniechęcać – Andrzej Kajetan Wróblewski w szkole



Bardzo często wybitni fizycy już w szkole, i to w niższych klasach, wykazywali zainteresowanie przedmiotem, ba, nawet pasję poznawczą. Jednak nie ze wszystkimi tak było. Czasami dopiero w późniejszym wieku jakaś lektura, spotkanie z nowym nauczycielem wyzwalało zainteresowanie fizyką. Tak było w przypadku bardzo wybitnego polskiego fizyka specjalisty od cząstek elementarnych, Andrzeja Kajetana Wróblewskiego. Zapraszam do zapoznania się z tym, co mówił o latach szkolnych z okazji nadania mu doktoratu honorowego (*honoris causa*) przez Politechnikę Warszawską.

Uczyłem się w należącem do najlepszych szkół warszawskich gimnazjum i liceum im. Władysława IV. Mieliśmy przeważnie bardzo dobrych nauczycieli. Do dziś wspominam wspaniałe lekcje biologii, historii, geografii i geologii, matematyki. Chemia była na dość marnym poziomie, **ale lekcje fizyki były wprost tragiczne. Nauczyciel – nie wymienił nazwiska, nieustannie zamęczał nas rozwiązywaniem jakichś bloczków, wielokązków, dźwigni itp. To był dla mnie i kolegów najbardziej znienawidzony przedmiot.** O nowych odkryciach nie było w szkole ani słowa. Czytałem wtedy już sporo popularnonaukowych książek i artykułów i wiedziałem, że istnieje także inna fizyka, ale szkolne doświadczenia sprawiały, że ta dziedzina była na ostatnim miejscu na liście ewentualnych przyszłych zawodów.



Liceum im. Króla Władysława IV na warszawskiej Pradze

Najbardziej interesowała mnie wtedy astronomia. Działalem już czynnie w Polskim Towarzystwie Miłośników Astronomii, a nawet, będąc uczniem liceum, miewałem publiczne odczyty popularne w gmachu Obserwatorium przy Al. Ujazdowskich 4.

Moi rodzice należeli do pokolenia doświadczonego przez dwie wojny światowe, byli więc przekonani, że tylko „fach w rękę”, jak mnie przekonywali, daje poczucie bezpieczeństwa w życiu. Wyperswadowali mi więc, że astronomia może być hobby, ale nie da mi żadnego zawodu. Kiedy byłem małym chłopcem, namawiali żebym został lekarzem, ale nie wykazywałem najmniejszego zainteresowania medycyną, więc skupili się na przekonywaniu mnie, że powinienem zostać inżynierem.

Skoro odpadała astronomia i fizyka, to zostawała chemia, która mnie wtedy interesowała mimo marnych lekcji w szkole. Z kolegą urządziliśmy sobie małe laboratorium i robiliśmy przeróżne doświadczenia (niektóre zresztą niebezpieczne – jak pro-

dukcja chloru). Byliśmy obaj zdecydowani na studia na Wydziale Chemii Politechniki Warszawskiej.

**Ale dwa lata przed naszą maturą pojawił się nowy nauczyciel fizyki, Tadeusz Pałęcki, którego zawsze będę wspominał z wdzięcznością. To był wspa-
niały, bardzo utalentowany i zaangażowany nauczyciel. W ciągu niewielu
tygodni pokazał nam, że fizyka jest nauką fascynującą.** W efekcie zapomniałem
o chemii i zdecydowałem, że będę studiował fizykę na Uniwersytecie Warszawskim,
tym bardziej, że były to studia bardzo bliskie astronomii.

Może wy też czujecie się zamęczani nudnymi zadaniami. Jeśli tak jest, to trzeba sięgać po materiały pozaszkolne, o które tak łatwo w obecnych czasach. Warto się wybrać do „kopernika” czy na festiwal nauki. Czekanie na przypadek, na to, że inny nauczyciel objawi wam piękno fizyki może być płonne. Może sami nie zdajecie sobie sprawy z waszego talentu. Dajcie szansę fizyce, ona się odwdzięczy dostarczając w życiu pasjonującej przygody. Być może wasi rodzice podobnie jak rodzice Andrzeja Kajetana Wróblewskiego uważają, iż studia astronomii czy fizyki nie zapewnią wam w przyszłości chleba. Te obawy są pozabawione podstaw. Grupa zawodowa fizyków, to grupa o najmniejszym wskaźniku bezrobocia!

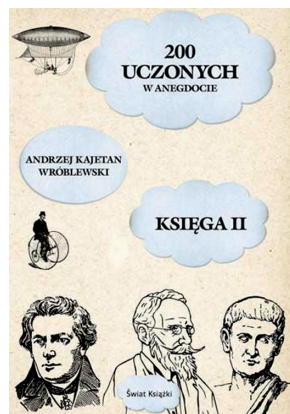
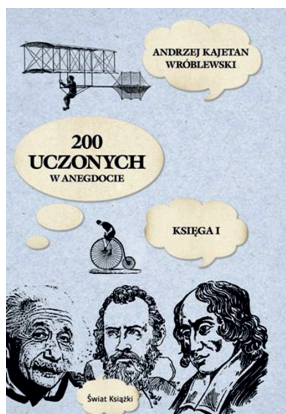
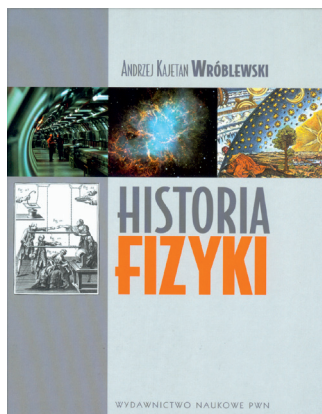
Profesor Andrzej Kajetan Wróblewski (urodzony w 1933 roku w Warszawie) jest wybitnym specjalistą fizyki cząstek elementarnych. Jest emerytowanym profesorem w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego, byłym rektorem tej uczelni. Oprócz licznych znaczących prac naukowych jest współautorem podręcznika do fizyki doświadczalnej dla studentów. Prowadzi rubrykę *Uczeni w anegdocie* w „Wiedzy i Życiu”. Jest autorem monumentalnego dzieła: *Historia fizyki*.



Instytut Fizyki UW
przy ulicy Hożej 69

Polecamy książki autorstwa Andrzeja Kajetana Wróblewskiego:

- *Historia fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
Bez obaw, *Historia fizyki* to nie nudziarstwo naszpikowane datami i technicznymi szczegółami. To kopalnia pasjonujących informacji o meandrach rozwoju fizyki, o ludziach, którzy ją tworzyli i o rywalizacji między nimi.
- *200 uczonych w anegdocie. Księga I i Księga II*, Świat Książki, 2010



Zadanie

Uczeń zestawił prosty obwód przedstawiony na ilustracji poniżej. Składa się on ze źródła prądu o SEM 70 V połączonego szeregowo z opornikiem 2000 Ω (omów). Ile wynosi różnica potencjałów V_1 pomiędzy punktami A i B?

Odpowiedź:

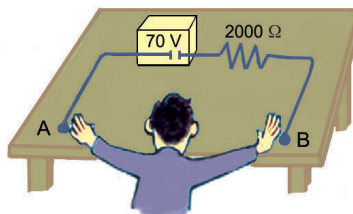
Różnica potencjałów pomiędzy punktami A i B wynosi $V_1 = \text{SEM}$, ponieważ obwód jest otwarty i nie płynie w nim prąd elektryczny ($I = 0$).

Opór ucznia z rozłożonymi rękoma wynosi 5000 Ω . Uczeń włączył się w obwód dotykając rękami punktów A i B, jak na rysunku.

Ile teraz wynosi różnica potencjałów V_2 pomiędzy A i B?

- A) $V_1 = V_2$
- B) $V_1 > V_2$
- C) $V_1 < V_2$

Czy uczeń mógł bez obaw dotknąć punktów A i B?



Odpowiedź:

Gdy uczeń zamyka obwód, przez jego ciało płynie prąd elektryczny o natężeniu

$$I = \frac{\text{SEM}}{R_{\text{całkowite}}}$$

czyli

$$I = \frac{70 \text{ V}}{(5000 + 2000) \Omega} = 0,01 \text{ A.}$$

Spadek potencjału V_2 na oporze ucznia

$$V_2 = I \cdot R_{\text{ucznia}}$$

czyli

$$V_2 = 0,01 \text{ A} \cdot 5000 \Omega = 50 \text{ V}$$

więc

$$V_2 < V_1,$$

zatem prawidłowa jest odpowiedź B.



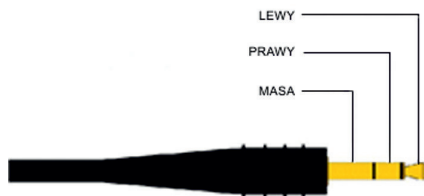
Jak wykazał rachunek, natężenie prądu płynącego w obwodzie jest dość małe, może więc wywołać tylko lekki skurcz mięśni. Gdyby jednak opór ucznia był mniejszy, np. był on spocony i miał mokre ręce, to natężenie prądu w obwodzie byłoby większe i jego skutki bardziej nieprzyjemne. To, co jest niebezpieczne to natężenie prądu przepływającego przez ciało. Pamiętaj, że włączenie się w obwód prądu może być nawet śmiertelne w skutkach.

Łańcuch z dzieci przewodzący prąd

Aby zilustrować przewodnictwo elektryczne ciała ludzkiego na warsztatach przyrodniczych Konkursu „Świetlik” w Instytucie Fizyki UJ wykonujemy z uczniami szkół podstawowych zaskakujące, a zarazem w pełni bezpieczne, doświadczenie.

Ciało ludzkie szczególnie dobrze przewodzi prąd zmienny o częstotliwościach akustycznych. Tak się składa, że dokładnie taki prąd zasila również głośniczki w słuchawkach, które tak chętnie zakładamy na uszy, aby posłuchać muzyki. Ponadto, natężenie prądu potrzebne do tego, aby słuchawki grały, mieści się w obszarze całkowicie bezpiecznym dla człowieka. Ba, jest tak małe, że jego przepływu nawet nie pocujemy! Wykorzystując powyższe fakty, możemy użyć łańcucha utworzonego z dzieci trzymających się za ręce w roli przewodów łączących źródło – odtwarzacz muzyki (np. MP3) – z odbiornikiem (głośnikiem). W takiej konfiguracji głośnik będzie grał jedynie wtedy, gdy wszystkie dzieci będą trzymały się za ręce, tj. obwód będzie zamknięty. Jeśli tylko którekolwiek dziecko przerwie łańcuch, muzyka cichnie.

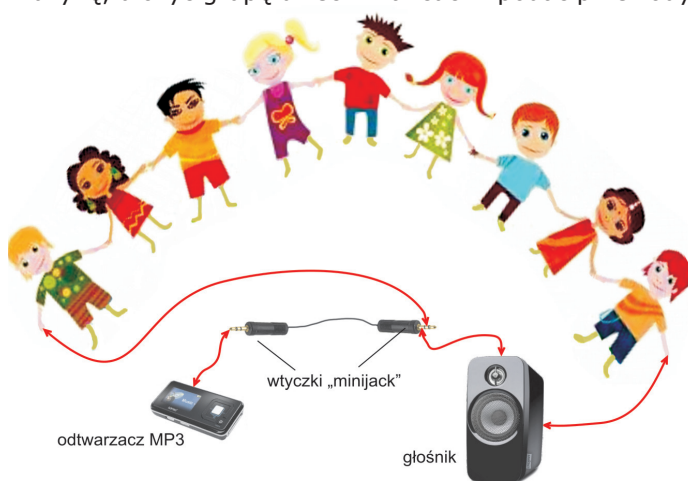
Zestawienie układu potrzebnego do przeprowadzenia opisanego doświadczenia wymaga jedynie niewielkich przygotowań. Oprócz odtwarzacza muzyki oraz głośnika (np. głośniki komputerowe ze wzmacniaczem) potrzebny jest 3-żyłowy kabel z wtyczkami „minijack” (rys. 1). Łączy on z sobą 3 przewody (idąc od końca wtyczki): sygnał słuchawki lewej, sygnał słuchawki prawej i tzw. masę, czyli przewód wspólny. Jeden przewód z głośników podłączamy do „masy” wtyczki. Drugi przewód z głośników oraz sygnał z wtyczki (obojętnie – prawy czy lewy) podłączamy do przewodów, które chwycą później dzieci (odpowiednio pierwsze i ostatnie dziecko w łańcuchu). Działanie układu można przetestować łącząc z sobą te dwa przewody.



Rys. 1

I to już wszystko – teraz wystarczy przygotować na odtwarzaczu rytmiczną muzykę, ułożyć grupę dzieci w łańcuch i podać przewody końcowym ogniwom.

Rekordowo udało nam się odtworzyć muzykę przez łańcuch składający się z ponad 50 dzieci – zachęcamy do podjęcia prób bicia tego rekordu!



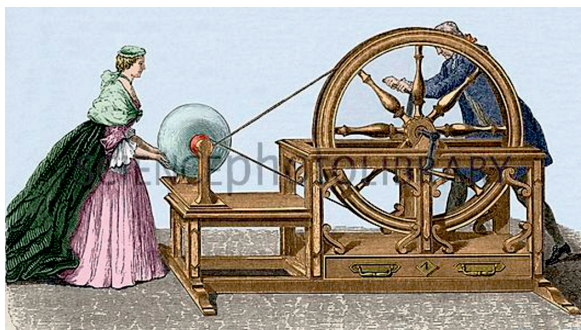
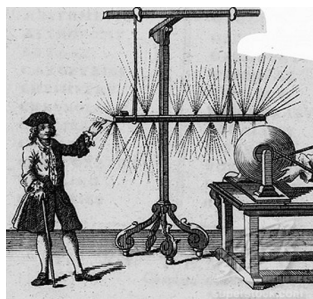
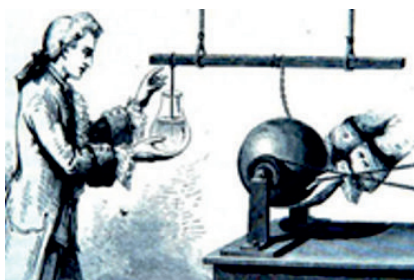
Grzegorz Brzezinka

Pokaz królewski

W 1746 roku w galerii zwierciadlanej pałacu w Wersalu król Francji Ludwik XV był świadkiem niezwykłej demonstracji przeprowadzonej przez uczonego księdza Abbé Nolleta. 180 gwardzistów ustawionych w podkowę (otwarty obwód) trzymało się za ręce. Na polecenie Nolleta pierwszy gwardzista wziął w rękę naładowaną butlę lejdejską, a ostatni w szeregu zamknął obwód dotykając metalowego pręta wystającego z butli. W tym momencie wszyscy grenadierzy podskoczyli do góry z przerażenia, gdyż przez obwód zbudowany z ich ciał popłynął prąd elektryczny. Na tymże pokazie podziw wzbudziło również zabicie wróbla iskrą elektryczną z naładowanej butli lejdejskiej. Nollet powtórzył pokaz na jeszcze większą skalę z mnichami kartuzami. Było ich aż 700 i utworzyli obwód o długości ponad 1 km!



Jean Antoine Nollet
zwany Abbé Nollet
(1700–1770)



Eksperymentowanie w czasach Nolleta

Nollet skonstruował też elektroskop listkowy, jaki każdy z was może sobie samodzielnie w domu zrobić. Redakcja znalazła w internecie – zaproponowaną przez Łukasza A. – dokładną instrukcję budowy elektroskopu ze słoika z metalową nakrętką, spinacza biurowego, folii aluminiowej i taśmy klejącej.

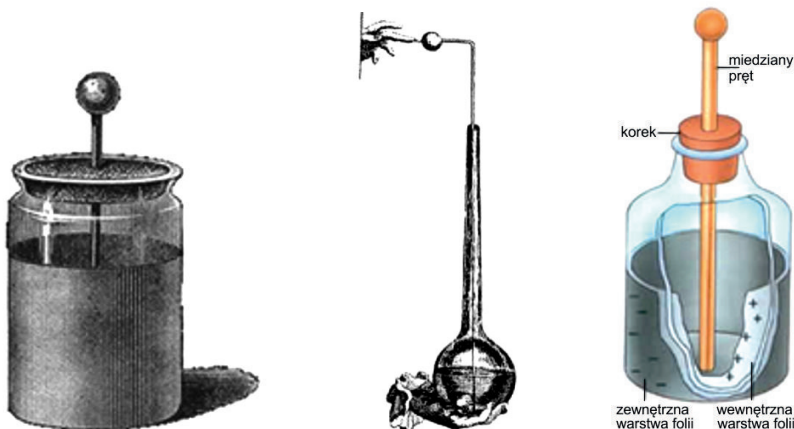
<http://dsid.ipj.gov.pl/files/LukaszaA/elektroskop/index.htm>

Butelka lejdejska, czyli kondensator ładunku elektrycznego

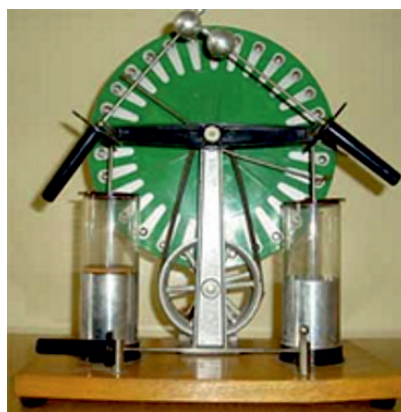
Pierwszy kondensator elektryczny, nazwany butelką lejdejską, został skonstruowany przez Ewalda Jürgena Georga von Kleista (1700–1747), dziekana katedrałnej w Kamieniu Pomorskim.

Było to naczynie ze szkła wypełnione wodą, zatkane korkiem przebitym na wylot miedzianym drutem.

Butelkę można było naładować ładunkiem elektrycznym stykając pręt z naładowanym ciałem. Poprzez wódkę prąd dostawał się do środka naczynia i łądował dodatnio lub ujemnie jego wewnętrzne ścianki. Pojemność elektryczną można było znacznie zwiększyć, pokrywając szkło od zewnątrz i wewnątrz folią przewodzącą prąd. Po połączeniu obu folii przewodnikiem można było uzyskać wyraźne efekty rozładowania butelki lejdejskiej. Kleist wykonał przynajmniej 9 udanych eksperymentów.



B. Franklin łapie ładunek elektryczny do butelki lejdejskiej



Współczesna maszyna elektrostatyczna, widoczne dwie butelki lejdejskie (obecnie nie napełnia się butelek wodą)

Z.G-M