



Co to jest fizyka?

Dr Krzysztof Rochowicz, astronom, absolwent Wydziału Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, jest nauczycielem w V Liceum Ogólnokształcącym w Toruniu i asystentem w Zakładzie Dydaktyki Fizyki UMK. Zajmuje się badaniami spektroskopowymi atmosfer układów planetarnych.

Mgr Magdalena Sadowska jest nauczycielką w Zespole Szkół w Kaliszu obejmującym: Gimnazjum dla Dorosłych, Zasadniczą Szkołę Zawodową oraz Technikum Uzupełniające. Realizuje doktorat w zakresie dydaktyki fizyki na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, pod kierunkiem prof. G. Karwasza.

Prof. dr hab. inż. Grzegorz Karwasz, z wykształcenia mgr inż. fizyki (Politechnika Gdańska) i ekonomista (Uniwersytet Gdański), prowadzi prace badawcze w dziedzinie fizyki atomowej i fizyki ciała stałego. Jest autorem 120 artykułów naukowych, 200 komunikatów konferencyjnych oraz 3 monografii. Od 10 lat zajmuje się popularyzacją fizyki, organizując między innymi wystawy interaktywne „Fizyka zabawek”; był koordynatorem projektu UE „Physics is Fun” i MOSEM. Obecnie jest kierownikiem Zakładu Dydaktyki Fizyki UMK.

1. Fizyka jako nauka

1. Zjawiska fizyczne

Czym zajmuje się fizyka? Odpowiadając, że zjawiskami „fizycznymi” popełniamy błąd logiczny zwany *tautologią*, czyli wyjaśnianiem pojęcia przez to samo pojęcie jak w stwierdzeniu, że w skład masła wchodzi masło (81%, sprawdź!) i woda.

Za zjawiska fizyczne tradycyjnie uważało się te, które nie prowadzą do zmiany oddziaływujących *substancji*. Innymi słowy, zjawiska fizyczne to zjawiska powtarzalne i zazwyczaj odwracalne. I tak na przykład, dwie zderzające się piłeczki, stygnięcie herbaty w szklance, zaćmienie Słońca to zjawiska fizyczne. Piłeczki (o ile elastyczne) nie zmieniają ani kształtu ani koloru po zderzeniu, herbatę można ponownie podgrzać a zaćmienie Słońca obejrzeć ponownie za kilka lat.

Nie jest tak w przypadku tzw. zjawisk *chemicznych*, zmieniających właściwości substancji. I tak, wymieszanie metalicznych kropelek rtęci z żółtym proszkiem siarki prowadzące do powstania szarego siarczku rtęci to zjawisko *chemiczne*. Natomiast stopienie siarki lub rosnący słupek rtęci w termometrze lekarskim (kiedyś tylko takie istniały) – to zjawiska fizyczne. Dzisiaj, rozgraniczenia na zjawiska *fizyczne*, *astronomiczne*, *chemiczne* czy nawet *biologiczne* musimy uznać za nieco sztuczne.



Fot. 1.1. Zderzające się kulki, stygnąca woda w szklance, chmury na niebie, zaćmienie Słońca to zjawiska *fizyczne*. Rtęć utarta z siarką daje szary siarczek rtęci. Jest to przykład procesu *chemicznego*.

1° Po pierwsze, np. reakcje chemiczne są również odwracalne: wodorotlenek wapnia (czyli tzw. wapno gaszone) w zaprawie murarskiej powoli wiąże dwutlenek węgla z powietrza, zamieniając się w węglan wapnia; ale węglan wapnia (czyli wapień) podgrzany do 1100° C uwalnia dwutlenek węgla i zamienia się w tlenek wapnia (wapno palone), który z kolei wymieszany z wodą daje wodorotlenek wapnia (wapno gaszone), które w zaprawie murarskiej ponownie wiąże dwutlenek węgla z atmosfery i zamienia się w węglan wapnia itd., itd. Podobne procesy planuje się wykorzystać do magazynowania pod ziemią spalin z elektrowni, w celu zredukowania efektu cieplarnianego.

2° Z drugiej strony, nie wszystkie procesy fizyczne są *odwracalne*. Wymieszanie litra wody ciepłej z litrem wody zimnej daje dwa litry wody letniej, ale ponowne ich rozdzielanie nie jest możliwe. Gorąca szklanka herbaty, stygnąc, ogrzewa (choć bardzo niewiele) powietrze w kuchni, ale letnie powietrze z kuchni nie podgrzeje szklanki. Wszechświat się rozszerza a przy tym stygnie, i nic nie wskazuje na to, aby miał się ponownie skurczyć.

3° Po trzecie, również procesy *fizyczne* powodują przemiany jednej substancji w drugiej. Pierwiastek chemiczny radon, radioaktywny gaz szlachetny, powstaje z rozpadu promieniotwórczego innego pierwiastka, polonu, przypominającego chemicznie siarkę. Fizycy pracujący na wielkich akceleratorach potrafią zamienić jeden metal w drugi - aluminium w sód, sód z kolei zamienia się (w procesie rozpadu promieniotwórczego) w gaz zwany neonem itd. Dzięki nauce, to co było niemożliwe, staje się niesłychanie proste. W tym sensie fizyka współczesna urzeczywistnia marzenia średniowiecznych *alchemików*, zamiany jednej substancji w drugiej (choć nie zawsze w złoto i bez użycia *kamienia filozoficznego*).



Fot. 1.2. Fizyka zajmuje się *procesami*. Wytwarzanie prądu elektrycznego w ogniwie paliwowym, w elektrowni wiatrowej lub jądrowej, w ogniwie słonecznym, to przykłady *procesów* fizycznych.

4° I wreszcie, zaćmienie Słońca to w zasadzie zjawisko *astronomiczne*, ale ruch Ziemi wynika z prostych praw *fizyki*. Znając te prawa, przewidywanie zaćmień nie jest już wiedzą tajemną, ale da się *wyliczyć* na szkolnym kalkulatorze.

Fizyka współpracuje z innymi naukami przyrodniczymi, jak medycyna i biologia. Transport substancji biologicznych przez błony komórki zależy od obecności *jonów*. Wymiana jonów jest też podstawą działania baterijek elektrycznych i ogniw paliwowych, a te urządzenia należą do obszaru badań fizyki. Szeroko z osiągnięć zaawansowanej fizyki korzysta współczesna *medycyna*.



Fot. 1.3. Nowoczesne techniki badawcze w medycynie – rezonans magnetyczny, tomografia pozytonowa, badania dopplerowskie przepływu krwi, tomografia optyczna oka – to wszystko urządzenia skonstruowane przez *fizyków*.

2. Fizyka i filozofia

W pismach Arystotelesa (384-322 p.n.e), pierwszego filozofa, który w systematyczny sposób zebrał wiedzę starożytnych Greków o świecie, pojawiły się takie dziedziny nauki, jak zoologia, astronomia, etyka. Wiedzę czysto filozoficzną, niepoznawalną namacalnym doświadczeniem nazwał Arystoteles „Meta-fizyką”, czyli poza-fizyką. Wynika z tego, że fizyki da się dotknąć. I to prawda! Zjawiska fizyczne, nawet te najtrudniejsze, dają się zobrazować a przez to lepiej poznać. Zajrzyj na naszą stronę internetową „Fizyka i zabawki”, aby „dotknąć” fizyki.

W czasach Kopernika (1473-1543) naukę dzielono na fizykę, matematykę i metafizykę. On sam napisał dzieło astronomiczne, ale pytał w nim na przykład, dlaczego woda utrzymuje się na powierzchni kuli, jaką jest Ziemia, jaka jest przyczyna ruchu, co wypełnia przestrzeń kosmiczną. Możemy powiedzieć, że Kopernik był nie tylko astronomem, lekarzem, poetą, wojskowym i ekonomistą, ale i *fizykiem*.

Dziś działów nauki jest znacznie więcej. Co odróżnia *fizykę* od innych nauk, np. historii? Przede wszystkim, fizyka stara się zajmować zagadnieniami łatwymi do ponownego sprawdzenia, przez eksperyment. Zjawisko odbicia kauczukowej piłeczki od podłogi możemy sprawdzać w nieskończoność i zawsze prawa fizyki rządzące takim odbiciem są takie same. Pomysł na powtarzalne doświadczenia pochodzi od Galileusza (1564-1642), o którym napisano „Fizyka zeszła z nieba na ziemię po równi pochyłej Galileusza” [1].

Naukowcy, w rozwoju nauki, tak jakby przekazywali sobie pałeczkę w sztafecie. Odkrycia Galileusza, urodzonego wkrótce pod śmiercią Kopernika, potwierdziły, że Ziemia nie jest środkiem Wszechświata. Nadal nie było jednak wiadomo, dlaczego Ziemia krąży dookoła Słońca i ani nie spada, ani nie przyspiesza. Przyczynę tego ruchu, siłę grawitacji oraz prawa ruchu odkrył, po już śmierci Galileusza, Izaak Newton (1667-1734).

Największy umysł XX wieku, Albert Einstein (1879-1955), stwierdził, że „to doświadczenie jest ostatecznym sprawdzianem teorii”. W naszym poręczniku zachęcamy więc do samodzielnego eksperymentowania, gdyż jest to najlepszy sposób do okrywania fizyki, a przez nią praw rządzących światem. Nie ma eksperymentów nieudanych – każdy z nich coś pokazuje. Pomiar „wiatru eteru”, wykonany przez Polaka ze Strzelna, Abrahama Michelsona (1852-1931) dał wynik negatywny, ale legł u podstaw fizyki XX wieku – pozwolił Einsteinowi na stworzenie teorii względności.

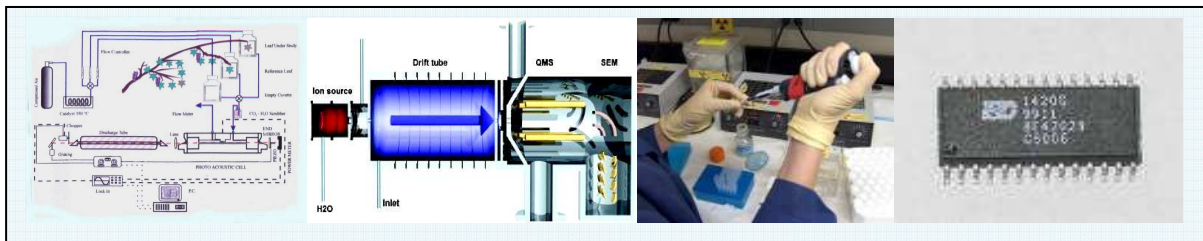


Fot. 1.4. Arystoteles, Mikołaj Kopernik, Galileo Galilei, Izaak Newton, Abraham Michelson, Albert Einstein.

3. Fizyka a inne nauki

Fizyka, od czasów Arystotelesa, zajmuje się najprostszymi prawami przyrody nieożywionej. Prawa te, jak na przykład prawo inercji (bezruchu), są dla nas najważniejsze, np. przy poruszaniu się. Umiemy, od wczesnego dzieciństwa tak stawiać stopy, aby nie upaść; wiemy, że żaden kamień na ulicy, nawet w czasie trzęsienia ziemi, sam nie polecą w górę.

Jednakże dziś fizyka zajmuje się również zjawiskami bardzo skomplikowanymi, jak budowaniem czujników do badania stanu „samopoczucia” roślin [1], czy poszukiwaniem przyczyn zmiennego tempa ewolucji gatunków biologicznych [2].



Fot. 1.5. Współczesne zastosowania fizyki – badania „samopoczucia” roślin za pomocą spektroskopii fotoakustycznej, pomiar „smaku” sałaty za pomocą spektroskopii transferu protonu, badania struktury wirusa mozaiki tytoniowej, elektroniczne układy scalone.

Ktoś powiedział, że „fizycy dostarczają narzędzi badawczych, którzy chemicy i biologowie potrafią znakomicie wykorzystać”. Struktura podwójnej spirali DNA została odkryta ponad 50 lat temu na podstawie zdjęć rentgenowskich kryształów soli DNA, odkrywcy (Crick i Watson) otrzymali nagrodę Nobla z biologii, ale Röntgen dostał nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki, w 1900 roku.

Fizycy, w 1947 roku, stworzyli pierwszy tranzystor, których każdy komputer zawiera miliony; na potrzeby komunikacji między laboratoriami cząstek elementarnych został stworzony w latach 70-tych ub. wieku Internet. Poznawanie praw fizyki jest znakomitą szkołą przygotowującą do skomplikowanych zadań w inżynierii współczesnych materiałów, biologii molekularnej, astrofizyce, komunikacji kwantowej itd.

W tym po-ręczniku, na poziomie gimnazjalnym, przedstawimy główne pojęcia i najprostsze prawa fizyki. Mimo, że pokazujemy ją na przykładach zderzających się kulek i paciorków naelektryzowanego bursztynu, rządzą one również ruchem cząstek gazu w podmuchu wiatru, działaniem soków żołądkowych trawiących poranne śniadanie czy obrotami odległych galaktyk. Aby to zrozumieć, musicie wykazać sporo wytrwałości...

[1] G. Karwasz, „Jak się Pani czuje, Pani Orchideo” w: „Na ścieżce fizyki współczesnej”, Wystawa Idei Fizycznych, XXXVIII Zjazd PTF Gdańsk, 2003

[2] GK Elektrony i DNA , j.w.

2. Materia w przyrodzie

4. Materia

Fizyka zajmuje się materią. Trudno jest zdefiniować, co jest materią – nasze wyobrażenia o niej ulegają ciągle zmianom. Jeszcze dziś mówiąc o transmisji radiowej określa się ją „falami eteru”, chociaż dziś wiemy, że fale *elektromagnetyczne* (jak fale radiowe i światło) mogą się rozchodzić w pustej przestrzeni, czyli w próżni (która w obecności fal, oczywiście nie jest już *próżna*).

Zazwyczaj przez *materię* rozumiemy obiekty, które mają *masę*, czyli dają się zważyć. I tak elektron, najpospolitszy składnik ziemskiej materii, ale bardzo mały, ma masę równą miliardowej części miliardowej części miliardowej części grama, to jest $0,9 \times 10^{-27}$ g. Problem polega na tym, że taki elektron może „zniknąć”. Okazuje się, że *masa* takiego elektronu, po jego spotkaniu z antycząstką, zwaną pozytonem, zamienia się w *energię*, unoszoną przez mikrobłysk bardzo przenikliwego promieniowania elektromagnetycznego (promieniowania gamma). Masa każdej cząstki elementarnej, w skutek spotkania z jej anty-cząstką, może zamienić się w energię.

Tego rodzaju procesami rządzi *prawo równoważności* masy i energii, sformułowane przez Albert Einsteina w 1905 roku

$$E=mc^2,$$

gdzie E jest miarą energii, m masy a c jest prędkością światła. Nie tylko masa elektronu i pozytonu może się zamienić w energię błysku promieniowania gamma, ale i promieniowanie gamma o dostatecznie wysokiej energii może, wyhamowane, wykreować parę cząstka - antycząstka, jak na przykład elektron - pozyton. Od czasów Alberta Einsteina jest więc bezpieczniej nazywać *materią* wszystko, co się uda *zmierzyć* metodami fizyki. Materią jest zarówno elektron (kreślący obraz na ekranie telewizora) jak i fala elektromagnetyczna, nie posiadająca masy i rozchodząca się w próżni, przesyłana z nadajnika do telewizora, a niosąca zapis obrazu i dźwięku.



Fot. 1.6. Fizyka zajmuje się *materią*. Materią jest kawałek skały, granitu, jest nią (przezroczyste) powietrze napędzające kolorowy wiatraczek, jest nią *fala radiowa* niosąca zapis obrazu telewizyjnego, jest nią również nieznana nam forma materii, wypełniająca Wszechświat, zwana *ciemną materią*. O tej ostatniej wiemy, że istnieje, bo tak wynika z obserwacji i obliczeń, ale nie potrafimy jej w żaden sposób zaobserwować.

5. Stany skupienia materii

Materia - surowce kopalne, przedmioty codziennego użytku, woda w kranie, chmury, gwiazdy, to wszystko przykłady materii. Materia ta występuje w różnych *formach*. Fizycy mówią o *stanach skupienia*.

Wyróżniamy trzy stany skupienia:

- *stan stały*
- *stan ciekły*
- *stan gazowy*.

1° Przykładem ciał stałych jest kawałek kryształu górskiego (minerał zwany kwarcem), 10-groszowa moneta składająca się głównie z niklu, grafitowy wkład w ołówku (składający się z grafitu i ołowiu, stąd nazwa „ołówek”). Wspólną cechą tych przedmiotów jest ich twardość i określony kształt.

W stanie stałym ciała mają swój określony kształt.

Ciała stałe mogą ulegać rozciąganiu lub zgniataniu, ale wiąże się to z wywieraniem na nie siły. Różne ciała stałe różnie reagują na przyłożone siły. Niektóre, jak stalowe sprężyny resorów w wagonach kolejowych uginają się i wracają do pierwotnego kształtu po ustąpieniu siły. Inne, jak szkło – pękają, inne jeszcze, jak plastelina lub guma do żucia – odkształcają się pod wpływem niewielkich sił i nie wracają do pierwotnego kształtu.



Fot.1.7. Stany skupienia materii: a) ciało stałe (kawałek granitu) posiada określony kształt; b) ciecze – przyjmują kształt naczynia ale mają określona objętość (zauważ błąd, jaki popełnił średniowieczny artysta); c) menisk - powierzchnia wody podnosi się w narożnikach plastikowego poidelka dla kanarka. Powodem są siły przyciągania między cząsteczkami wody a cząsteczkami plastiku. Ciecz przyjmuje kształt naczynia, ale zarówno między cząsteczkami cieczy jak i cząsteczkami cieczy i powierzchnią naczynia działają *siły fizyczne*.

d) gazy – nie mają określonej objętości. Zdjęcie przedstawia balon do pomiaru wiatrów w stratosferze, w momencie wypuszczenia. Jest on jedynie częściowo wypełniony. W stratosferze panuje ciśnienie znacznie niższe niż na powierzchni Ziemi (około dziesięciokrotnie niższe) i gaz wpuszczony do balonu na powierzchni Ziemi wypełni całą jego objętość.

http://sd-www.jhuapl.edu/FlareGenesis/Antarctica/1999/pictures/balloon_released.jpg

2° Przykładem cieczy jest woda w szklance. Ciecze, w odróżnieniu od ciał stałych nie mają określonego kształtu, a przyjmują kształt naczynia. Ich powierzchnia ustala się pod wpływem sił zewnętrznych, jak siła grawitacji. Zastanów się, dlaczego średniowieczny fresk na fotografii 1.7 jest błędny?

Ciecze nie mają określonego kształtu, ale mają określoną objętość. Objętość, jaką zajmuje ciecz zależy np. od temperatury, ale w niewielkim stopniu. Słupek cieczy w termometrze pokojowym rośnie wraz z temperaturą, ale jest to zmiana stosunkowo niewielka – widzimy tylko wąski „słupek”, a duża ilość cieczy jest ukryta w zbiorniczku termometru.

3° Przykładem gazu jest powietrze w twoim oddechu. Gazy, jak ciecze, przyjmują kształt naczyń, ale w odróżnieniu od cieczy, nie mają określonej objętości. Możliwe jest wtłoczenie dużej ilości tlenu, podawanego w szpitalach chorym z trudnościami w oddychaniu, do stosunkowo małej butli. W butlach szpitalnych tlen (i inne gazy) mogą być ściśnięte (sprężone) do 1/200 swojej objętości „normalnej”ⁱ. W warunkach kosmicznych, ta sama ilość gazu (wyrażona np. w jednostkach masy) zajmuje znacznie większą objętość niż na powierzchni Ziemi. Z tego właśnie powodu balony stratosferyczne (leczące na wysokość 20 km i więcej) są na starcie prawie „puste”, zob. foto 1.7d.

Pojedyncze atomy lub cząsteczki w gazie są od siebie w dużych odległościach i bezustannie się ze sobą zderzają. Ten fakt wzajemnych zderzeń jest powodem, że gaz stara się zająć jak największą objętość, a jeśli zostanie zamknięty w zbiorniku, to wywiera na ściany tego zbiornika *ciśnienie*.

Gaz to zbiorowisko chaotycznie poruszających się cząsteczek, które oddziałują ze sobą tylko w momencie zderzeń. Materia w stanie gazowym nie ma określonego kształtu ani objętości.

Siły między cząsteczkami i atomami w różnych stanach skupienia

Jak już pewnie zauważyłaś (-eś), różnice między stanami skupienia nie wynikają z rodzaju substancji (rodzaju atomów) ale z sił, jakie między tymi atomami występują. I tak woda w niskich temperaturach jest ciałem stałym, a w wysokich niewidzialnym gazem. (Zauważ, że para wodna jest w atmosferze zawsze obecna i jest niewidoczna. Jeśli widzisz „parę wodną”, np. w saunie lub w oddechu w mroźny dzień, to nie jest to już para wodna, ale małe kropelki ciepłej wody – mgła. Tak samo w chmurach, widoczna jest nie para wodna, ale kropelki wody lub kryształki lodu).

Dlaczego lód jest twardy, a woda przelewa się „na życzenie”? Otóż w lodzie cząsteczki wody H_2O ułożone są blisko siebie i to w ściśle określonym porządku. Mówimy, że cząsteczki H_2O tworzą kryształ. Cząsteczki, blisko siebie (ale nie za blisko) przyciągają się, tak jak ekran telewizora przyciąga kurz lub wełniany sweter przyciąga włosy. Siły oddziaływania między cząsteczkami są natury *elektrycznej* (będziemy o tym mówić w drugiej części poręcznika).

W ciekłym stanie skupienia, cząsteczki wody też są stosunkowo blisko siebie, ale poruszają się na tyle szybko, że siły przyciągające nie są w stanie nadać wodzie formy bryły sztywnej. Kropłe rosy i tzw. *menisk* na powierzchni wody świadczą, że i w cieczy cząsteczki przyciągają się wzajemnie.

W gazie, cząsteczki poruszają się tak szybko i są tak daleko od siebie, że siły przyciągania są niewystarczające, aby atomy skupić wzajemnie blisko siebie. Ale jeśli obniżymy temperaturę, to z pary wodnej wytrąca się ciecz. Gazy zamieniają się w ciecz również pod wysokim ciśnieniem – tzw. gaz butlowy pozostaje cieczą, tak długo jak jest zamknięty pod (stosunkowo niewielkim) ciśnieniem w butli ale przechodzi w stan gazowy, zaraz

ⁱ Mówimy tu o standardowych butlach do użytku technicznego, a za warunki „normalne” dla gazów uważa się temperaturę 20°C i ciśnienie atmosferyczne 1013hPa.

po wypuszczeniu z butli. Jak widzicie, granice między stanami skupienia są bardzo umowne. Wrócimy do stanów skupienia nieco dalej, ale teraz zdefiniujemy, co fizycy uważają za „cząsteczki”, a właściwie *atomy*.

Atom

Kryształ kwarcu, składnik wielu skał, można rozkruszyć na ziarenka piasku. Biała zawieszina niektórych płynów do mycia ceramiki to też ziarenka kwarcu, ale rozmiarów tysięcznych części milimetra. Czy można rozbić te ziarenka na jeszcze drobniejsze?

Tak! Można wytworzyć tak małe ziarenka, że będą się one składały z trzech tylko *atomów*. Słowo „atomos” pochodzi z języka greckiego i oznacza „niepodzielny”. We współczesnym języku greckim oznacza in-dywiduo, po polsku „o-sobę” [1].

Atomem nazywamy najmniejszą, niepodzielną (chemicznie) część materii.

Cała znana nam z życia codziennego materia składa się z atomów. Z atomów *miedzi* zbudowane są przewody elektryczne, z atomów krzemu - układy elektroniczne w komputerze i telefonie komórkowym, z atomów węgla (i wodoru) - plastikowa obudowa telefonu. Dla wygody atomy oznaczamy symbolami, np. atom miedzi Cu, węgla C, krzemu Si. Symbole te pochodzą z nazw greckich (lub łacińskich) właściwych substancji. I tak miedź to *cuprum*, a węgiel *carbonium*. Nazwy atomów odkrytych w czasach nowożytnych są nadawane przez ich odkrywców, i tak Po to symbol *polonu*, od słowa Polskaⁱⁱ.



Fot.1.8. Podział materii na coraz to mniejsze fragmenty. Metodą np. mielenia można rozbić kryształ kwarcu (a) na ziarenka piasku (b) a te na jeszcze drobniejszy pył (c). Granicą dzielenia materii jest pojedynczy atom (d).

Atomy potrafią łączyć się w nieco większe grupy, zwane cząsteczkami. Atom wodoru H (lekkiego gazu służącego niegdyś do napełniania balonów) i atom tlenu O (gazu służącego do oddychania ludzi, zwierząt i roślin) łączą się w *ogniwie paliwowym* samochodu w cząsteczkę wody, H_2O . Powstaje przy tym *prąd elektryczny* zasilający *silnik* samochodu.

Wzór *chemiczny* kwarcu to SiO_2 – jeden atom *krzemu* dwa atomy tlenu, gazu w atmosferze ziemskiej. Dalej już się nie uda kwarcu rozdrobnić ani za pomocą mielenia, ani innymi metodami fizycznymi. Aby uzyskać pojedyncze atomy krzemu i tlenu, trzeba uciec się do metod *chemii*.ⁱⁱⁱ A pojedyncze atomy można rozbić? Tak, o tym poniżej.

ⁱⁱ Polon (i rad) odkryła, przerabiając ogromną ilość (1,5 tony) rudy uranowej Polka, Maria Skłodowska – Curie.

ⁱⁱⁱ W procesie produkcji krzemu najpierw krzemionkę SiO_2 przeprowadza się w gazowy związek $SiCl_4$ a następnie osadza polikrystaliczny krzem w wysokiej temperaturze.

Elektron

Widzieliście nie raz baterijkę *elektryczną* do zasilania budzika, radia, zegarka. Każda z baterii, niezależnie od jej rodzaju i przeznaczenia ma zaznaczone dwa końce – dodatni (+) i ujemny (-). Co to oznacza?



Fot.1.9 Baterie różnych rodzajów.

Dodatni i ujemny koniec, *biegun* baterii oznaczamy tak od czasów pierwszego konstruktora baterii, Aleksandra Volty, który zbudował ją ponad 200 lat temu (1797). Według Volty, z dodatniego końca wypływają *ładunki elektryczne*. Wpływają one do bieguna ujemnego. Przepływ ładunków elektrycznych, bądź to z baterijki, bądź to z gniazdka w ścianie (też ma dwa wtyki, podobnie jak baterijka bieguny) napędza silnik magnetofonu, zapala żarówkę, *zasil*a telewizor i komputer.

Istnienie ładunków elektrycznych jest pierwszym dowodem, że w skład atomów wchodzi inne, mniejsze składniki. W szczególności w skład atomów wchodzi bardzo lekkie, ujemnie naładowane cząstki, zwane elektronami. Przepływ prądu elektrycznego do telewizora to właśnie przepływ elektronów, które oddzieliły się od atomów.

W skład atomów, oprócz ujemnie naładowanych elektronów wchodzi dwie inne cząstki, dodatnio naładowane *protony*. Protony i elektrony są skupione w bardzo małym obszarze, *jądrze*, w centrum atomu, jak Słońce w środku układu słonecznego. Jeżeli typowe rozmiary atomu to dziesiąta część miliardowej części metra (0,1 nm, czyli 0,000 000 000 1 m) to rozmiary jądra są sto razy mniejsze (0,001 nm). Elektrony są jeszcze mniejsze - możemy oszacować, że mają rozmiary sto razy mniejsze niż jądro (0,000 000 000 000 001 m).

O ile protony i elektrony są skupione w jądrze, elektrony okrążają jądro z ogromnymi prędkościami (rzędu milionów metrów na sekundę).

Atomy składają się z ujemnie naładowanych, lekkich cząstek zwanych elektronami, dodatnio naładowanych protonów i neutralnych neutronów. Protony i neutrony są skupione w jądrze, natomiast elektrony okrążają jądro, obrazowo mówiąc „po orbitach”.

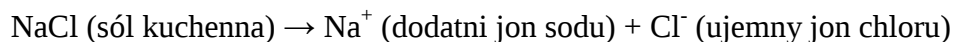
Logo wielu instytucji, na przykład uczelni wyższych, zawiera „obraz” atomu.

Jony

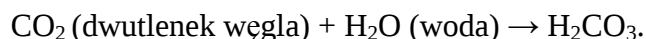
Krucha i biała sól kuchenna, NaCl, składająca się z atomów metalu sodu i atomów gazu chloru nie przewodzi prądu elektrycznego, ale woda z dodatkiem soli prąd przewodzi. Dlaczego? Otóż w roztworze wodnym obojętne elektrycznie atomy Na i Cl wymieniają

między sobą *ładunki elektryczne*. Sód traci elektron, a chlor ten elektron przyjmuje. Atomy obdarzone ładunkiem elektrycznym nazywamy *jonami*.

W roztworze wodnym sól kuchenna, NaCl, rozpada się na jony.



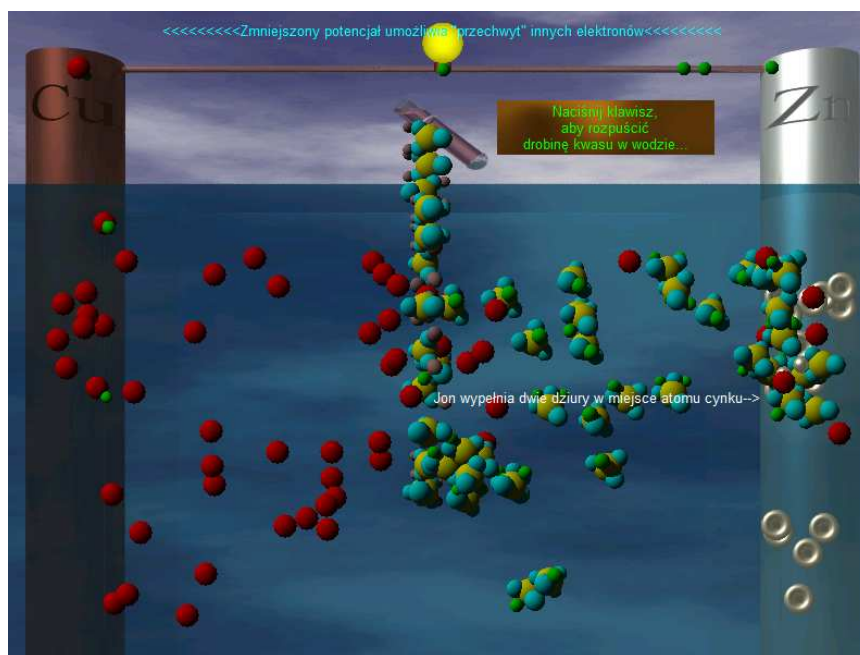
Wiele substancji rozpada się w podobny sposób w roztworach wodnych. W wodzie mineralnej rozpuszczony zostaje gaz zwany dwutlenkiem węgla, CO₂. Gaz ten przyłącza się do cząsteczki wody, H₂O.



Utworzoną substancję chemicy nazywają *kwasem*. W tym przypadku jest to kwas węglowy. Ponieważ cząsteczka kwasu znajduje się w środowisku wody, część z nich rozpada się na jony



Obecność jonów H⁺ w wodzie mineralnej nadaje jej właśnie „kwaskowaty” smak. Jony H⁺ są również w occie i innych substancjach zwanych *kwasami*. Wróćcie do tematyki kwasów na kursie chemii. My zajmijmy się ponownie stanami skupienia.



Rys. 1.10 Działanie ogniwa Volty (np. baterii „paluszka” zasilającego odtwarzacz CD). Siarczek cynku w roztworze wodnym rozpada się na naładowane elektrycznie fragmenty, zwane jonami. Te dostarczają ładunek elektryczny do dwóch końców (biegunów) baterii.
<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/zrodla/symulacje/ogniwo.zip>

Inne stany skupienia

Jak widzicie, podział materii na trzy stany skupienia jest uproszczony. Nawet starożytni Grecy wyróżniali cztery „elementy pierwotne” – „ziemię”, wodę, powietrze i ogień. Czym różni się płomień świecy od zwykłego gazu, oprócz tego, że jest znacznie gorętszy? Otóż przez płomień świecy może przepływać prąd elektryczny, nie wiele gorzej niż przez miedziany kabel. Powodem jest obecność, obok cząsteczek neutralnego gazu, pewnej ilości jonów (azotu, tlenu itd.), obdarzonych ładunkiem elektrycznym (zazwyczaj dodatnim) oraz swobodnych elektronów. Prąd elektryczny jest przenoszony przez te jony.

Plazma

Gaz, w którym obok cząsteczek elektrycznie obojętnych występują jony nazywamy *plazmą*. Plazma świeci na przykład w tzw. lampie neonowej – białej, podłużnej rurze nad twoją głową w klasie lub w tzw. „żarówce” energooszczędnej. Plazma, pod nieco większym ciśnieniem jest też w popularnej kuli plazmowej, zob. foto. 3. Z plazmy, o ogromnej temperaturze i pod ogromnym ciśnieniem składa się też nasze Słońce. Podobne warunki starają się wytworzyć naukowcy w urządzeniach zwanych *tokamakami*, aby produkować energię w identyczny sposób, jak się to dzieje we wnętrzu Słońca.



Fot. 1.11 Kula plazmowa

Ciekłe kryształy

Jak już powiedzieliśmy, ciecze nie mają określonego kształtu. Ale czasem ciekłe cząsteczki takie kształty przyjmują, np. w wyświetlaczach kalkulatorów lub telefonów komórkowych. Okazuje się, że pod wpływem napięcia elektrycznego, nawet niewielkiego, jak w bateryjce, długie łańcuchy cząsteczek ustawiają się w określonym kierunku i tworzą np. kształty liter.

Czasem twierdzi się, że szkło, takie jak szkło okienne, też jest cieczą. Jest to tyle uzasadnione, że szkło, podobnie jak np. plastelina, pod wpływem własnego ciężaru może się zdeformować. Szklane płytki w witrażach ze średniowiecznych katedr we Francji są nieco grubsze na dole niż u góry. Otóż, przez wieki, szkło nieco spłynęło w dół. W odróżnieniu od kwarcu, w szkle cząsteczki SiO_2 ułożone są chaotycznie, stąd szkło łatwiej formować, odlewać, barwić niż czysty kwarc. Weneccy artyści szklarze, na wyspie Murano, potrafią wytworzyć ze szkła prawdziwe arcydzieła.

Inne materiały są jeszcze bardziej zadziwiające. Kolorowa „guma”, nazywany po angielsku „głupim kitem” (silly putty) raz jest plastyczna, jak guma do żucia, ale jeśli ulepimy z niej piłkę, to odbije się ona od podłogi. Co więcej, uderzona młotkiem, rozprysnie się jak szkło. Jest to tzw. *polimer*, ale w odróżnieniu od zwykłego „plastiku”, zawiera nie atomy węgla, ale atomy krzemu. Wynalazł ją przypadkowo naukowiec w zakładach DuPont w USA w 1950 roku, ale do dziś nie wiadomo, do czego ją wykorzystać.

Inna jeszcze ciecz, polimer składający się w dziesiątek tysięcy atomów, przelewa się sam ze szklanki do szklanki, jak bardzo gęsty i lepki kisiel, zob. foto 1.12d.

Metale z pamięcią

Powiedzieliśmy, że ciała stałe, na przykład metale, zachowują swój kształt. Ale są metale, które pozornie same z siebie, wyginają się w dziwne formy. Są to tzw. metale z pamięcią kształtu. Najprostszym tego typu metalem jest stop niklu i tytanu w proporcjach 50:50. Druk z takiego metalu może być wyginany we wszystkich kierunkach, ale po podgrzaniu



Fot. 1.12. Nietypowe stany skupienia: a) szkło nie ma struktury krystalicznej, stąd jest czasem klasyfikowane jako ciecz „przechłodzona”; b) ciekły kryształ, stosowany w wyświetlaczach niektórych telefonów i niektórych odbiornikach TV [<http://dept.kent.edu/spie/liquidcrystals/strip2.jpg>]; d) samoprzelewająca się ciecz – strumień niebieskiej cieczy jest tak lepki, że się nie przerywa; raz rozpoczęte przelewanie będzie trwało tak długo, dopóki nie wyczerpie się zapas cieczy w górnej szklance; e) nitiol – stop niklu i tytanu, metal wykazujący pamięć kształtu. Zgięty, wyprostuje się w strumieniu ciepłego powietrza z suszarki do włosów.

<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/termo/drut-pl.html>

w płomieniu zapalniczki wraca do pierwotnego kształtu. Okazuje się, że atomy w tym *stopie* pamiętają swoje oryginalne ułożenie w stosunku do sąsiadów i mimo przesunięć, w podwyższonej temperaturze wracają do początkowych położeń. Tego rodzaju metale są wykorzystywane do sterowników skrzydeł w niewidzialnych samolotach Stealth.

Piąty stan skupienia

Pisaliśmy, że w gazach atomy są w ciągłym chaotycznym ruchu i pozostają w dużych odległościach, natomiast w ciele stałym atomy są uporządkowane i są ułożone w odległościach niewiele większych niż ich rozmiary. Czy możliwy jest taki stan skupienia, że atomy pozostają uporządkowane, ale są od siebie daleko? Okazuje się że tak!

W bardzo niskich temperaturach, znacznie niższych niż w kosmosie^{iv} atomy mogą być wzajemnie skorelowane, mimo że znajdują się od siebie w odległościach typowych dla gazu (wielokrotności ich rozmiarów). W Polsce taki stan materii, niby-gazu i niby-kryształu został osiągnięty przez zespół naukowców kierowany przez prof. W. Gawlika z UJ z Krakowa, w laboratorium usytuowanym w Toruniu. Taki stan materii wynika z zupełnie nowych zjawisk, i został przewidziany w latach dwudziestych XX wieku przez hinduskiego uczonego B. Bosego i A. Einsteina. Nazywamy ten stan kondensatem Bosego- Einsteina, a jego zastosowania są trudne do przewidzenia. Jeden kondensat przenika drugi, jak czarownica, która przechodzi przez ścianę!

Jak więc sami widzicie, nauka o stanach skupienia, a tym między innymi zajmuje się fizyka, jest niezmiernie zaskakująca i wiele jest w niej jeszcze do zrobienia. Ale najpierw musimy poznać podstawowe prawa rządzące światem, czyli prawa fizyki. Zaczniemy od ruchu i jego właściwości.

^{iv} Za typową temperaturę w „kosmosie” należy uważać temperaturę ekwiwalentną (jako że jest to rozkład widma) mikrofalowego promieniowania tła (2,73 K). Kondensat Bosego- Einsteina, np. składający się z atomów rubidu, ma temperaturę rzędu 100 nK (10^{-7} K)!