

Atomy to podstawowe cegiełki, z jakich zbudowana jest materia. Otacza nas ich tak wiele, że nawet nie sposób sobie tego wytłumaczyć. Wystarczy sobie wyobrazić, że niepozorna szklanka wypełniona czystą wodą zawiera kilka KWADRYLIONÓW atomów. A czymże jest szklanka wody wobec całej otaczającej nas materii? I choć każdy atom składa się z jądra i otaczających go elektronów, to tym razem nie będzie nas za bardzo interesowała jego budowa. Dziś skupimy się na jego fenomenalnych właściwościach jako podstawowego budulca otaczającego nas świata.



Tomasz Sowiński w 2005 roku skończył z wyróżnieniem studia na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w zakresie fizyki teoretycznej. Obecnie jest asystentem w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN. Z zamiłowania zajmuje się popularyzacją nauki.

W roku 2005 był nominowany do nagrody w konkursie Popularyzator Nauki organizowanym przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji oraz Polską Agencję Prasową.

gą być nawet 300 razy cięższe od atomu wodoru. I choć to jest tak, jakby noworodka porównać z samicą słonia afrykańskiego, to te najcięższe atomy nadal ważą na tyle mało, że aby uezierać z nich jeden gram, trzeba byłoby ich skolekcjonować ponad TRYLIARD.

Oprócz tego, że atomy mają bardzo małą masę, to są do tego niewielkich rozmiarów. Średnica najlżejszego z nich (wodoru) jest prawie MILION razy mniejsza niż średnica ludzkiego włosa. Wydaje się niewiele? No to dla porównania dodajmy, że włos jest tylko DWIEŚCIE razy cieńszy od ludzkiego palca!

Atomy mają też bardzo różny czas życia, czyli czas, po którym rozpadają się na jakieś inne atomy. I tak czas życia trytu (patrz wyżej) wynosi zaledwie 12 lat. Natomiast „śmierci”

Tomasz Sowiński

Atomowe ciekawostki

SYLWETKA BOHATERA

Atomowa rodzina ma kilka tysięcy członków ułożonych w tablicy Mendelejewa wg masy. Najmniejszy z nich to atom **wodoru**. Aby z atomów wodoru uezierać jeden kilogram masy, należałoby ich zebrać prawie KWADRYLIARD, czyli dość sporo. Wodór ma dwóch bardzo podobnych (i cięższych) braci: **deuter**, który jest dwa razy cięższy i **tryt**, który jest trzy razy cięższy. Ta trzyosobowa rodzinka charakteryzuje się tym, że w ich jądrach zawsze znajduje się jeden proton. Różnią się tylko liczbą neutronów. Takich rodzinek różnych atomów, które mają ustaloną liczbę protonów w jądrze, znamy dziś prawie 120. W zależności od rodziny każda z nich składa się z kilku do kilkunastu różniących się masą atomów. Członków jednej takiej rodziny nazywamy **izotopami**. I tak: rodzina atomów wodorowych składa się z trzech izotopów, a następna w kolejce rodzina atomów helu składa się z czterech izotopów. Najcięższe znane nam atomy, które w przyrodzie prawdopodobnie nie występują, ale potrafimy je tworzyć w laboratoriach, mo-



jego brata wodoru nikt jeszcze nie zaobserwował. Teoretyczne wyliczenia mówią, że czas życia tego najlżejszego atomu wynosi około KWINTYLIARDA lat, czyli KWADRYLION razy dłużej niż wiek Wszechświata! Są też atomy, które żyją bardzo, bardzo krótko. Nawet jedną miliardową część sekundy.

Fundamentalną cechą atomów jest zaś ich **nie-rozróżnialność**. Tzn. gdy mamy do czynienia z takimi samymi atomami (np. atomami deuteru), to są one całkowicie od siebie nieodróżnialne. I nie jest to tylko nieodróżnialność na poziomie nieumiejętności dostrzeżenia szczegółów. One są dokładnie IDENTYCZNE. Nawet przyroda nie potrafi ich odróżnić! No dobrze, dobrze... łatwo powiedzieć, ale skąd my to wiemy? Okazuje się, że ta fundamentalna nierozróżnialność tych samych atomów, która dotyczy również innych cząstek materii, jest źródłem fenomenalnych zjawisk, które potrafimy obserwować. Takie zjawiska to na przykład NADCIEKŁOŚĆ cieczy albo NADPRZEWODNICTWO prądu elektrycznego. Kiedyś o tych ciekawych zjawiskach dokładnie sobie opowiemy. Teraz należy zapamiętać, że są to bezpośrednie konsekwencje nierozróżnialności cząstek. Inaczej nie da się tego wytłumaczyć.

SPOŁECZNOŚCI ATOMOWE

Jak widać, atomy już same z siebie są bardzo ciekawymi obiektami. Jednak bardzo trudno jest spotkać atom w osamotnieniu. Najczęściej występują one w bardzo licznych grupach, tworząc materię, jaką znamy z życia codziennego. Jak to się dzieje, że z zaledwie kilkuset różnych atomów można zbudować tak wiele rodzajów różnej materii? Odpowiedź na to właśnie pytanie stała się fundamentem nowożytnej chemii w XVIII wieku. Okazuje się, że niektóre atomy, gdy tylko znajdują się odpowiednio blisko siebie, łączą się, tworząc tzw. **cząsteczki chemiczne**. I choć w każdej takiej cząsteczce atom zachowuje swoją indywidualność, to staje się jednak członkiem większego elementu. Tym samym nie może już być tak bardzo niezależny jak do tej pory i to cząsteczka zaczyna grać pierwsze skrzypce.

Cząsteczki chemiczne mogą być bardzo różne. Najmniejsze z nich składają się z dwóch takich samych atomów. Np. cząsteczka wodoru składa się z dwóch atomów wodoru połączonych ze sobą. Podobnie jest z cząsteczkami tlenu czy azotu. Choć na przykład jeśli chodzi o atomy tlenu, to mogą się one łączyć i w cząsteczki trójatomowe. Tak właśnie powstaje **ozon**, który jak zapewne Czytelnicy wiedzą, ma kolosalne znaczenie ochronne przed promieniowaniem ultrafioletowym ze Słońca. Zbawienna dla naszego życia woda powstaje natomiast przez połączenie dwóch atomów wodoru i jednego tlenu. Łącząc jeden atom węgla i cztery wodoru, otrzymamy **metan** – łatwo palny składnik gazu ziemnego. Dokładając do tego jeszcze jeden atom tlenu, dostaniemy **alkohol metylowy** – silną truciznę, której wypite 3 gramy powodują u człowieka ślepotę, a 12 śmierć!! A to są przykłady połączenia zaledwie kilku podstawowych pierwiastków w większe cząsteczki. Tymczasem w przyrodzie występują również bardzo duże cząsteczki składające się z kilkuset (np. fulerenty) czy nawet kilku MILIONÓW atomów. Przykładem tych os-

tatnich są dobrze wszystkim znane zwinięte cząsteczki DNA – nośnika informacji genetycznej w przyrodzie. Takie egzotyczne cząsteczki są ciekawymi obiektami, bo choć tak duże, to znajdują się w każdej komórce biologicznej! Aż trudno to sobie wyobrazić, ale gdybyśmy rozwinęli taką cząsteczkę w linię prostą, to mogłaby mieć ona długość nawet do DWÓCH metrów. Czy to nie fenomenalne?

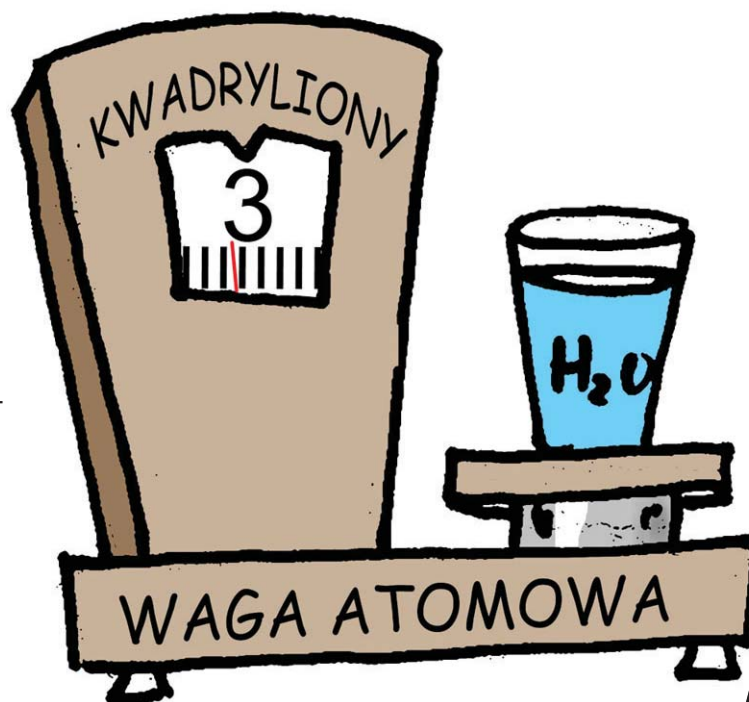
ATOMY SAMOLUBY

Wśród wszystkich atomów istnieją takie, które nie lubią się łączyć z żadnymi innymi atomami. Są tak samolubne, że nie lubią atomów nawet takich samych jak one. Ze względu na swoją budowę elektronową nie są w stanie współdziałać przy tworzeniu żadnej cząsteczki. W tablicy Mendelejewa pierwiastki te znajdują się w ostatniej kolumnie (grupie 18) i ich najlżejszym przedstawicielem jest hel. Trzy inne pierwiastki, które nikogo nie lubią, to neon, argon i ksenon. Ten ostatni potrafi się co prawda na chwilę połączyć z innymi atomami, ale tylko z nielicznymi i trwa to bardzo krótko. Radon, który również znajduje się w tej grupie, też można byłoby nazwać samolubem, gdy nie fakt, że z dwoma fluorami potrafi zbudować bardzo trwałą cząsteczkę. Poza tym też nikogo nie lubi.

Wszystkie atomy z osiemnastej grupy nazywamy **gazami szlachetnymi**, gdyż występują one w warunkach naturalnych zawsze w postaci gazowej. Skroplenie ich w ciecz, jeśli w ogóle możliwe, jest bardzo, bardzo trudne.

WSPÓLNY PRZODEK

Jak już wspominaliśmy, jest kilkaset rodzajów różnych atomów. Każdy jest pewną indywidualnością o specyficznych własnościach fizycznych i chemicznych. Okazuje się, że wszystkie mają jednak tego samego przodka. Aby lepiej to zrozumieć, musimy w tym miejscu zagłębić się na chwilę do ich wnętrza





My pierwiastki szlachetne nie lubimy się z nikim łączyć

i przypatrzeć się ich jądom. To właśnie tam zdeterminowana jest bowiem przynależność danego atomu do swojej rodziny.

Budulcem jąder atomowych są nukleony, czyli protony i neutrony. Ich liczba w jądrze atomu jednoznacznie określa, jakim jest atomem. I tak jądro składające się z samego protonu to jądro wodoru. Dołożenie jednego neutronu daje jądro deuteru – izotopowego brata. Jądro helu składa się z dwóch protonów i w zależności od izotopu z jednego, dwóch, czterech lub sześciu neutronów. Jądro każdego atomu składa się tylko z tych dwóch składników (protonów i neutronów) i jak widać już na przykładzie helu, nie wszystkie kombinacje są możliwe. Jądra atomowe powstają przez połączenie tych dwóch malutkich składników w różnych proporcjach.

Gdy powstawał nasz Wszechświat w Wielkim Wybuchu ponad 13 miliardów lat temu, był on na tyle gorący, że nie mogły istnieć żadne atomy, a nawet protony i neutrony. Jednak wraz upływem czasu, ze względu na bardzo szybkie rozszerzanie się, robiło się coraz zimniej. Gdy temperatura Wszechświata spadła do bagatela BILIONA stopni Celsjusza, rozpoczął się proces powstawania nukleonów. A wszystko to działo się w czasie kilkuset sekund po narodzeniu Kosmosu. Można zatem powiedzieć, że wtedy powstały jądra **wodoru** – praprzodkowie wszystkich innych atomowych jąder. Przez kolejne STO TYSIĘCY lat trwała era dalszego ochładzania się Wszechświata i sporadycznie dochodziło do łączenia się protonów z neutronami. Czasami nawet udawało się stworzyć jądra różnych izotopów **helu**. W ten właśnie sposób powstały dwa najczęściej występujące pierwiastki w Kosmosie – **wodór** i **hel**. Jeśli patrzeć na ich liczbę, to z grubsza 9 na 10 jąder w całym znanym nam Wszechświecie stanowią jądra wodoru. Reszta to jądra helu i naprawdę sporadycznie występujące inne pierwiastki. No ale skąd zatem wzięły się inne, cięższe atomy?

WSZYSCY JESTEŚMY Z GWIAZD

Jądra pierwiastków cięższych niż wodór i hel powstają oczywiście przez łączenie się jąder lżejszych w cięższe. Taki proces fizycy nazywają **nukleosyntezą** lub **fuzją jądrową**. Procesy takie nie mogą jednak zachodzić w każdych warunkach i w naturalny sposób nie zachodzą na Ziemi. Aby doprowadzić do fuzji, potrzebne jest bardzo duże ciśnienie i dość wysoka temperatura. Najbliższym miejscem, gdzie zachodzi nukleosynteza jest... nasze Słońce zbudowane głównie z wodoru i helu. To tam w wyniku dość skomplikowanego procesu łączą się atomowe jądra wodoru w jądra helu, a przy okazji wydziela się ogromna porcja energii. Tak, tak... Słońce to najbliższa nam elektrownia termojądrowa.



wa, w której od ponad pięciu MILIARDÓW lat zachodzi przemiana wodoru w hel. Tak się dzieje zresztą we wszystkich gwiazdach; przynajmniej w pierwszej fazie ich istnienia. Może się bowiem zdarzyć (dla gwiazd o większej masie niż Słońce), że w pewnym momencie wodoru zacznie brakować i rozpocznie się kolejny proces – syntezy jąder helu w jądra cięższych pierwiastków! Może wtedy powstawać azot, węgiel, tlen itp. Każdy powinien sobie uświadomić, że te wszystkie pierwiastki, które występują na Ziemi (np. bezcenny tlen albo węgiel), powstały kiedyś we wnętrzu jakiejś gwiazdy. Oczywiście oprócz wodoru, który powstał po Wielkim Wybuchu. Wszyscy zatem jak jeden mąż jesteśmy częścią dawniej istniejących gwiazd, w których następowało przekształcanie jąder lżejszych w cięższe. Uświadomienie sobie tego faktu całkowicie zmienia sposób patrzenia na otaczający nas świat.

KAŻDY Z NAS MA W SOBIE COŚ WYBUCHOWEGO

Ale to jeszcze nie koniec tej kosmicznej przygody. Okazuje się bowiem, że w gwiazdach mogą powstawać tylko atomy pierwiastków lżejszych od **żelaza**, które w tablicy Mendelejewa znajduje się na 26. pozycji, czyli prawie na początku. Powstawanie cięż-



Efekt wybuchu SUPERNOWEJ

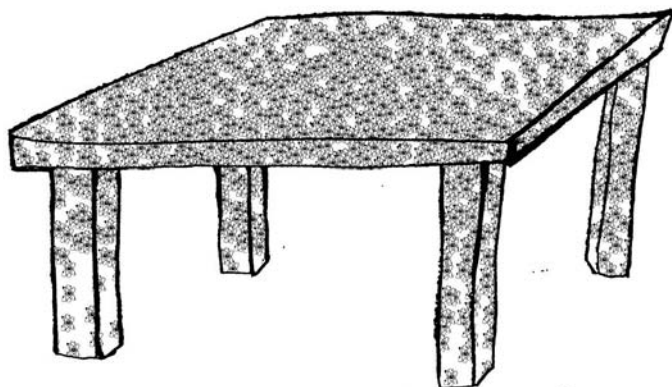
szych pierwiastków w opisany wyżej sposób jest niemożliwe, gdyż wymagałoby dostarczenia energii z zewnątrz. Jak zatem powstały atomy cięższych pierwiastków? Przecież każdy wie i pewnie niejeden widział **złoto**, **srebro** czy **miedź**. Skąd zatem one się wzięły?

Usiądź teraz, Czytelniku, spokojnie, bo czytając na stojąco, możesz upaść z wrażenia. Wszystkie pierwiastki cięższe od żelaza powstały w ostatniej fazie życia olbrzymich gwiazd. Gdy już zaczynało brakować jąder lżejszych od **żelaza**, gwiazdy te świeciły coraz słabiej i słabiej i w skutek tego zaczęły się zapadać. Pod wpływem tego zapadania wydzieliła się ogromna ilość energii i spowodowała olbrzymi wybuch i rozerwanie gwiazdy na strzępy. Taki wybuch astrofizycy nazywają wybuchem gwiazdy **supernowej**. Podczas tego wybuchu niektóre jądra, korzystając z dopływu energii, połączyły się w cięższe niż żelazo jądra. To właśnie wtedy powstały wszystkie te ciężkie pierwiastki. Zatem, Drogi Czytelniku, jeśli masz na sobie jakiś złoty wisiołek, miej świadomość, że atomy go tworzące brały kiedyś udział w wielkim pokazie sztucznych ogni, o którym my możemy tylko marzyć. Ale może to i dobrze?

ATOMOWY ŚWIAT

Otoczający nas świat składa się z atomów. To dzięki nim istnieją różne materiały – od prostej i pospolitej wody do tak skomplikowanych elementów jak komórki biologiczne i w rezultacie istoty żywe. Każdy atom składa się tylko z trzech elementów – protonów i neutronów w jądrze oraz krążących wokół nich elektronów. Aż trudno to sobie wyobrazić, prawda? Ale z drugiej strony, wiedząc to wszystko, trudno sobie wyobrazić, aby mogło być inaczej. Jak bowiem w inny sposób przyroda mogłaby budować tak skomplikowane obiekty, jak nie poprzez składanie prostszych?

Samo odkrycie, że materia składa się z atomów, było przełomem w myśleniu o otaczającym nas świecie. Richard Feynman, laureat Nagrody Nobla i jeden z najsłynniejszych popularyzatorów nauki, w swoim podręczniku postawił tezę, że gdyby miało kiedykolwiek dojść do zagłady ludzkiej wiedzy i można było uratować tylko jedno zdanie, to należałoby przekazać następnym pokoleniom, że **materia składa się z atomów**. To fundamentalne zdanie jest bowiem kluczem do zrozumienia struktury materii i wszystkich mechanizmów, jakimi kieruje się przyroda. A to przecież jest główne zadanie fizyki.



Materia składa się atomów

No dobrze! Ale skąd my w ogóle wiemy, że materia składa się z atomów? Czy ktoś widział kiedyś atom, że uważamy jego istnienie za taki niepodważalny fakt? A może atomy wcale nie istnieją, a tylko tak nam się wydaje? Fizyka to przecież nauka empiryczna! Istnieją chyba zatem jakieś dowody? Czy może są to tylko domysły?

Chyba rzeczywiście należą się jakieś wyjaśnienia. Będziemy musieli się zatem cofnąć do początków XVIII wieku, gdy ówczesna fizyka stanęła przed nieładą wyzwaniem. Ale o tym to już następnym razem. Zapraszam! ●