

Doc. dr Michał ŚWIECKI



Atomy są zupełnie puste. Prawie cała ich masa jest skupiona w jądrze zajmującym zaledwie 10^{-15} objętości atomu. Resztę wypełniają nieważkie niemal elektrony, z których każdy tworzy swoistą chmurkę dookoła jądra. A jednak atomy wykazują niezwykłą wprost sztywność. Ulotne chmurki elektronowe wcale niełatwo poddają się ścisłaniu. O tym wszystkim przekonano się już 70 lat temu bombardując cząstkami α (jądrami helu) cienką blaszkę ze złota. Blaszka okazała się całkowicie przepuszczalna. Niechby jednak ktoś spróbował zmniejszyć objętość kawałka złota przy użyciu największych nawet sił ...

Jeżeli chmury elektronowe w atomach i cząsteczkach chemicznych są takie twarde, to muszą mieć zupełnie określone kształty. Naturalnym więc staje się pytanie: jakie są te kształty? Pytanie to nie jest wcale błahę, gdyż owe chmury elektronowe decydują o własnościach chemicznych atomów i cząsteczek. Zanim jednak zajmiemy się związkami zachodzącym między kształtami atomów i ich własnościami chemicznymi, musimy zwrócić uwagę na pewną bardzo istotną cechę chmur elektronowych. Jest nią tak zwany zakaz Pauliego, który głosi, że w granicach jednej chmury mogą znajdować się najwyżej dwa elektrony. Tak więc najwyżej dwie chmury jednoelektronowe mogą się wzajemnie przenikać. I często się przenikają, bo na tym właśnie polega istota różnych wiązań chemicznych. Dodatnio naładowane jądra atomowe mają przecież tendencję do odpychania się i dopiero znajdujące się między nimi ujemnie naładowane podwójne chmury elektronowe stwarzają dogodne warunki do powstania trwałego wiązania. Nie wnikając w dalsze szczegóły opiszemy kilka najprostszych sytuacji.

Atom i cząsteczka wodoru

Atom wodoru zawiera jeden elektron, który tworzy kulistą chmurę o promieniu $5,29 \cdot 10^{-11}$ m. Chmura ta może zawierać jeszcze jeden elektron i dlatego dwa atomy wodoru łatwo tworzą cząsteczkę o kształcie mniej więcej takim, jak na rysunku obok. Teraz już nie ma miejsca na nowe elektrony i typowy cząsteczkowy gaz wodorowy okazuje się znacznie mniej aktywny niż gaz atomowy.



Atom helu

Jest zupełnie podobny do atomu wodoru, tyle, że w kulistej chmurze znajdują się dwa elektrony. Dlatego właśnie hel prawie wcale nie wchodzi w reakcje chemiczne. Podobną własność mają też inne gazy szlachetne.

Atom azotu i cząsteczka amoniaku

Kolejne atomy układu okresowego pierwiastków zawierają coraz więcej elektronów. Nowe elektrony tworzą chmury znajdujące się coraz dalej od środka atomu. Na przykład atom azotu zawiera siedem elektronów. Dwa z nich tworzą chmurę kulistą, taką samą jak chmura w atomie helu. Dwa następne chmurę w kształcie powłoki sferycznej o promieniu cztery razy większym, zaś trzy ostatnie — trzy pojedyncze chmurki o kształcie prostopadłych rozetek. Chmurki te dosyć łatwo (choć trudniej niż dla atomu wodoru, bo zajmują mniej miejsca) przyłączają inne pojedyncze chmury elektronowe. Połączenia te tworzą oczywiście kąty proste. Tak właśnie powstaje cząsteczka amoniaku składająca się z jednego atomu azotu i trzech atomów wodoru. Całość tworzy czworościan o podstawie równobocznej i niemal prostych kątach między kierunkami od atomu azotu do atomów wodoru. Podobny do azotu kształt mają też znacznie większe cząsteczki fosforu, arsenu, antymonu i bizmutu. Tworzą więc w połączeniu z wodorem podobne, choć większe czworościany.

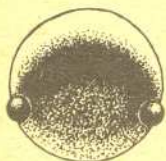
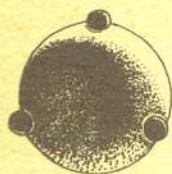


Atom tlenu i cząsteczka wody

Atom tlenu ma o jeden więcej elektron niż atom azotu. Chmura tego elektronu wypełnia jedną z pojedynczych rozetkowych chmur azotowych. Pozostają dwie niekompletne chmury umieszczone prostopadle do siebie. Z tego powodu w cząsteczce wody, zawierającej jeden atom tlenu i dwa wodoru, odpowiednie kierunki tworzą kąt bliski prostemu. Patrząc na układ okresowy pierwiastków domyślamy się, że podobne są połączenia wodoru z siarką (siarkowodór), selenem, telurem i polonem.

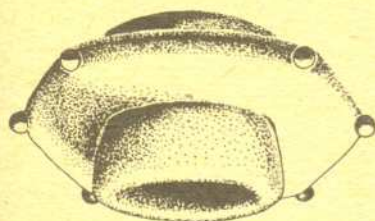
Węgiel i cząsteczka benzenu

Wydawałoby się, że własności chemiczne wszystkich pierwiastków można bardzo prosto zrozumieć. Wszystkie elektrony z wyjątkiem kilku tworzą kompletną, mniej więcej kulistą chmurę. Kilka zaś ostatnich (ich liczba decyduje o numerze kolumny układu) tworzy najpierw powłokę sferyczną, a następnie coraz bardziej kompletny system rozetkowy. Choć generalnie zasada ta pozostaje słuszna, to jednak odstępstwa od niej są częste i istotne. Najważniejszym bez wątpienia tego przykładem jest atom węgla. Jego wyjątkowe własności grają decydującą rolę w chemii organicznej i biochemii. Atom węgla ma sześć elektronów. Dwa z nich tworzą znowu kulisty układ helowy, ale pozostała czwórka może mieć kilka różnych kształtów, co



proceedzi do wielkiego bogactwa połączeń węglowych. Jedną z możliwości jest układ, w którym osie trzech pojedynczych chmur leżą w jednej płaszczyźnie pod kątem 120° , czwarta zaś chmura tworzy rozetkę prostopadłą do tej płaszczyzny (patrz rysunek). Taka właśnie konfiguracja jest przyczyną powstawania cyklicznych wiązań węglowych. I tak na przykład w benzenie (C_6H_6) dwie z trzech chmur współpłaszczyznowych łączą się z odpowiednimi chmurami sąsiednich atomów węgla, trzecia zaś łączy się z chmurą wodorową. Całość tworzy regularny pierścień sześciokątny z naroślami wodorowymi. Pozostają rozetkowe chmury, prostopadłe do płaszczyzny pierścienia. Każda z nich pokrywa się częściowo z odpowiednimi chmurami obu sąsiednich atomów węgla. Powstają dwa pierścienie o przekroju rozetkowym, nad i pod płaszczyzną węglową. Pierścienie te zawierają sześć elektronów, które mogą przemieszczać się cyklicznie. Tak więc wewnątrz cząsteczki benzenu może płynąć prąd elektryczny. Magnetyczne własności tego prądu można zaobserwować w doświadczeniu.

Doszliśmy w ten sposób do tak złożonych kształtów, że czas już chyba kończyć. Dodajmy jeszcze, że teoria chmur elektronowych powstała na gruncie mechaniki kwantowej. Opisuje ona ogromne bogactwo różnorodnych własności chemicznych ciał. Zdziwiające jest jednak, że wynikające z niej kształty cząsteczek zostały odgadnięte już przeszło sto lat temu przez ... van der Waalsa. W jaki sposób? Przecież wtedy nawet elektron nie był jeszcze znany. Otóż okazuje się, że między obojętymi już prawie chemicznie cząsteczkami i atomami gazów szlachetnych działają pewne niewielkie siły przyciągające o bardzo krótkim zasięgu. Siły te zamieniają się w gwałtowne odpychanie dopiero po zetknięciu się cząsteczek. To właśnie wspomniana poprzednio twardość i nieprzenikliwość skompletowanych już chmur elektronowych. Krótki zasięg sił międzycząsteczkowych powoduje, że maleją one gwałtownie już w niewielkiej odległości od powierzchni cząsteczek. Stąd prosty wniosek, że najsilniej mogą się wiązać takie cząsteczki, które mają kształty uzupełniające się wzajemnie, to znaczy takie, które do siebie pasują. Takie właśnie założenie było podstawą rozumowania van der Waalsa. Dzisiaj zresztą również, dla bardzo złożonych (np. w biochemii) cząsteczek jesteśmy zmuszeni do wykonania podobnego zabiegu. Nie możemy bowiem przeprowadzić odpowiednich obliczeń i dopiero na podstawie znanych z doświadczenia własności wiązań międzycząsteczkowych wnoskujemy o kształcie samych cząsteczek.



Tak zwany „zimny ogień” wyrzuca wokół piękne, wcale zresztą nie zimne iskierki, dostarczając w ten sposób patrzącym miłej rozrywki. Może jednak dać również okazję do wypróbowania umiejętności w zaprojektowaniu, przeprowadzeniu i zinterpretowaniu eksperymentu. Pytanie

Z JAKĄ PRĘDKOŚCIĄ WYRZUCANE SĄ ISKRY?

jest nietatwe do rozstrzygnięcia. I to właśnie nietatwe pytanie stanowi temat naszego konkursu.

Uczestnicy powinni do dnia 15.02.1981 r. nadesłać do redakcji opis eksperymentu, który przeprowadzili, uzyskane na tej drodze dane, oraz szkic rozumowania, które te dane zamieniło w odpowiedź na konkursowe pytanie.

Komisja konkursowa złożona z

1. doc. dr Michała Święckiego
2. mgr Macieja Jędrzejczaka
3. mgr Andrzeja Branickiego

oceni wszystkie prace, najlepsze wyróżni wartościovymi nagrodami i opublikuje w Delcie.

Zapraszamy do wzięcia udziału.