

Woda – niezwykła cząsteczka

Wacław Grzybowski

Katedra Chemii Fizycznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska
ul. G. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk

Woda, water, Wasser, вода, aqua, – substancja niezwykła, wszechobecna, niezbędna do życia. Życie powstało w wodzie, życie – takie jakie znamy – może istnieć tylko tam gdzie jest woda. Gdy wody zabraknie to życie zamiera i ginie. Cywilizacje powstawały tam gdzie była woda, rozkwiatały póki była woda, a gdy wody zabrakło to ginęły w pomroce dziejów. Ludzie wędrowali poszukując wody. Ludzie poszukują wody do dzisiaj. Woda jest, a naprawdę to powinna być, powszechnym dobrem. Naszą Ziemię określa się przecież mianem Niebieskiej Planety.

Z wodą należy się liczyć. Wodę należy liczyć. W ramach Programu Środowiskowego ONZ (*United Nations Environment Program – UNEP*) przeprowadzono sondaż wśród 200 naukowców w 50 krajach. Poproszono ich o wskazanie największych zagrożeń dla Ziemi i ludzkości w XXI wieku. Wymienili oni aż 17 głównych zagrożeń, ale najczęściej wymieniano 5, a mianowicie:

- 59% - zmiana klimatu,
- 29% - niedobór wody,
- 28% - zamieranie lasów,
- 28% - zanieczyszczenie wody,
- 27% - złe zarządzanie.

Tak, dwa z nich bezpośrednio dotyczą wody, dwa są z wodą ściśle związane, a ostatnie zagrożenie - złe zarządzanie - też dotyczy wody – świadczą o tym nieudane eksperymenty hydrologiczne w dawnym Związku Radzieckim.

To woda uczyniła Ziemię siedliskiem życia, a sprawiły to osobliwa natura wody i jej dziwaczne właściwości fizyczne.

Woda jest jedyną cieczą nieorganiczną występującą na Ziemi w warunkach naturze. Woda jest jedynym związkiem chemicznym występującym w naturze we wszystkich trzech stanach skupienia, to jest jako ciało stałe, ciecz i gaz. Co więcej, te trzy fazy mogą występować obok siebie.

Woda - wzór chemiczny H_2O – z chemicznego punktu widzenia coś bardzo prostego – dwa atomy wodoru i jeden atom tlenu. Z drugiej jednak strony coś niezmiernie skomplikowanego, i to o bardzo specjalnych własnościach. Dzięki tym unikalnym właściwościom istnieje życie na Ziemi.

Znane są dwie substancje charakteryzujące się tym, że fazy stałe są lżejsze od faz ciekłych. Tymi substancjami są bizmut i woda. Nikogo nie dziwi fakt, że lód pływa na powierzchni wody. Wszyscy dobrze wiedzą, że góry lodowe pływają po oceanach. Ale przecież dzięki temu powstało życie. Dzięki temu życie powstało, przetrwało i dalej istnieje. Dzięki temu morza, jeziora i rzeki nie zamarzają do samego dna. Bo jeszcze jedną osobliwą właściwością woda różni się od innych cieczy, i chyba od wszystkich innych substancji. W wąskim przedziale temperatur, bardzo wąskim, bo tylko od 0 do $3,98^{\circ}C$, w miarę wzrostu temperatury woda zwiększa swoją gęstość, innymi słowy - w miarę ogrzewania woda kurczy się(!) Dzięki temu w najsrozsze nawet zimy woda na dnie otwartych zbiorników wodnych jest cieplejsza od lodu i od powietrza nad lodem. Dzięki tej osobliwej właściwości wody trwa cyrkulacja i wymiana wody w cyklu rocznym.

Wszystko to jest konsekwencją tego, że atom tlenu wchodzący w skład tej na pozór prostej cząsteczki zawiera 8 elektronów. Dwa elektrony stanowią to co określa się jako zrab atomowy, a pozostałe 6 to tak zwane elektrony walencyjne. I to one są odpowiedzialne za osobliwe właściwości wody. Dwa z nich zaangażowane są w dwa wiązania chemiczne O-H, mówi się, że wchodzi w skład dwóch par elektronowych określanych jako pary wiążących. Cztery pozostałe elektrony walencyjne tworzą dwie wolne pary elektronowe, dwie elektronowe pary niewiążące. W bardzo dużym uproszczeniu to byłoby wszystko.

Bardzo dużo wiemy o pojedynczej, odizolowanej od pozostałych, cząsteczce wody. Rozwiązanie odpowiednich równań dostarcza informacji o rozkładzie gęstości elektronowej, o ruchach wewnętrznych cząsteczki - oscylacjach i rotacjach, a wyniki obliczeń zgodne są z danymi doświadczalnymi.

Ale cząsteczka wody w naturze bardzo rzadko występuje pojedynczo, a jak już występuje to nie ma większego znaczenia. Istnienie wody w przyrodzie związane jest z powstawaniem wiązań wodorowych. Każda cząsteczka wody ma dwa protony i dwie niewiążące pary elektronowe zlokalizowane na tlenie. Każdy z tych protonów może utworzyć wiązanie wodorowe z jedną z niewiążących par elektronowych innej cząsteczki wody. Każda z par elektronowych może utworzyć wiązanie wodorowe z jednym z dwóch protonów innej cząsteczki wody. Łatwo obliczyć, że cząsteczka wody może utworzyć cztery wiązania wodorowe. Powstanie tych wiązań wodorowych odpowiedzialne jest za wszystkie wspomniane wyżej osobliwe właściwości wody. Ale im dalej w las w las tym więcej drzew. Powstawanie czterech wiązań wodorowych opartych na jednym atomie tlenu i specyficzna geometria ich układu polegająca na tym, że można traktować je jako równocenne umożliwia wyjaśnienie tego, że najpopularniejsza forma stałej wody, czyli lód I, ma strukturę heksagonalną charakteryzującą się tym, że istnieją w niej wolne przestrzenie. Podczas ogrzewania lodu część wiązań wodorowych pęka, lód się topi się, istniejące luki w strukturze wypełniają się i gęstość wody wzrasta. Nie wszystkie wiązania wodorowe ulegają zerwaniu i ciekła woda ciągle jeszcze jest uporządkowa. Uporządkowane domeny są w ciągłym ruchu, wiązania wodorowe znikają i powstają, a powstające struktury wzajemnie się przenikają. Mówi się, że w ciekłej wodzie istnieje fragmenty lodu, a zjawisko to określane jest jako *iceberg formation* – czyli tworzenie gór lodowych. Dzięki istnieniu wiązań wodorowych woda ma stosunkowo niską prężność pary nasyconej i wyjątkowo wysoką temperaturę wrzenia. Przecież siarkowodór, którego struktura zbliżona jest do struktury wody, a którego molowa masa cząsteczkowa jest prawie dwa razy większa od molowej masy cząsteczkowej wody, w tych samych warunkach jest gazem.

Za wszystko odpowiedzialne są wiązania wodorowe. Dzięki wiązaniom wodorowym woda jest siedliskiem życia i dzięki życiu powstało i trwa. Bo cokolwiek jest rozpuszczone w wodzie to ulega hydratacji, a hydratacja to powstawanie i modyfikacja wiązań wodorowych. Każdej reakcji chemicznej zachodzącej w wodzie towarzyszy powstawanie i zrywanie wiązań wodorowych, wiązanie i uwalnianie cząsteczek wody. Życie jest tak skomplikowane, a cząsteczka wody taka prosta. Ale może tworzyć cztery wiązania wodorowe. Tylko tyle, a może tak dużo!