Doświadczenie – informacje podsumowujące

Wyjaśnienie przebiegu doświadczenia

- Poniżej 0 °C woda ciekła zmienia się w ciało stałe (lód). Jest to proces fizyczny – krzepnięcie. Gęstość wody w trakcie krzepnięcia maleje, co jest jedną z wyjątkowych i anomalnych właściwości wody. Procesem odwrotnym do krzepnięcia jest topnienie czyli przemiana lodu w ciekłą wodę (ciała stałego w ciecz).
- Olej roślinny i denaturat nie mieszają się ze sobą i tworzą mieszaninę niejednorodną (układ dwufazowy). Jest to związane z tym, że cząsteczka C_2H_5OH ma budowę polarną, a cząsteczka estru budowę niepolarną. Istnieje zasada, że substancje polarne rozpuszczają się w polarnych rozpuszczalnikach, a niepolarne w niepolarnych. Olej ma większą gęstość niż denaturat, dlatego stanowi on dolną warstwę mieszaniny.
- Wprowadzona do układu kostka lodu znajdzie się pomiędzy warstwą denaturatu i oleju. Dzieje się tak dlatego, że lód ma mniejszą gęstość niż olej, a większą niż denaturat.
- Gdy lód zaczyna się topić, na spodzie kostki zbierają się krople wody. Gdy będzie ich wystarczająca ilość, tworzy się większa kropla, która pod wpływem siły grawitacji oddziela się od kostki lodu. Kropla wody ma większą gęstość niż olej roślinny oraz lód i dlatego po oderwaniu opada na dno szklanki.
- Gdy kropla opada na dno szklanki przyjmuje kształt kuli. Po pewnym czasie, dzięki działającym siłom, krople na dnie szklanki łączą się ze sobą i powstaje warstwa wody.



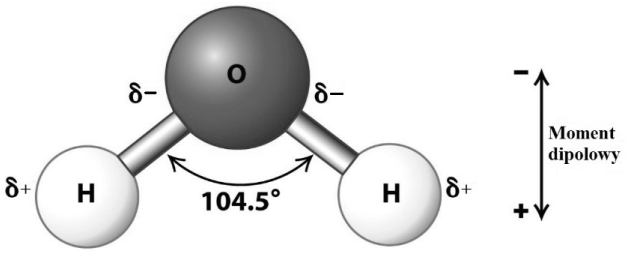
Zeskanuj kody QR
i zobacz źródło!

NIEZWYKŁE CECHY ZWYKŁEJ WODY

„Wszystko jest z wody, z wody powstało i z wody się składa”
Tales z Miletu

Woda jest najważniejszym, najbardziej rozpowszechnionym i znanym związkiem chemicznym na naszej planecie. Pokrywa ponad 70 % powierzchni Ziemi, a człowiek w około 65 % składa się z wody. Jest wciąż jedną z intensywnie badanych substancji, ze względu na swoje niezwykłe i unikalne właściwości.

Cząsteczka wody o wzorze sumarycznym H_2O, zbudowana jest z dwóch atomów wodoru i jednego atomu tlenu i ma kształt kątowy (Rys. 1). Między atomem tlenu, a atomami wodoru występują wiązania kowalencyjne spolaryzowane. Ze względu na kształt cząsteczki i dużą różnicę elektroujemności między atomem tlenu i wodoru, cząsteczka wody ma budowę polarną (dwubiegunową) i jest ona dipolem elektrycznym (posiada moment dipolowy różny od zera). W efekcie na atomie tlenu zlokalizowany jest cząstkowy ładunek ujemny (2δ−), a na każdym atomie wodoru cząstkowy ładunek dodatni (δ+).



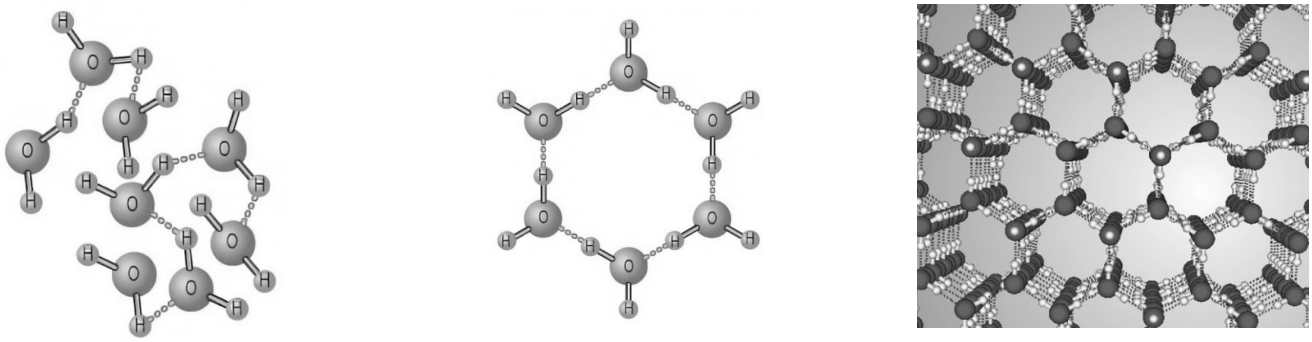
Rys. 1. Kątowy kształt cząsteczki wody.
https://alevelbiology.co.uk/notes/water-structure-properties/

Bieguny sąsiadujących cząsteczek wody mogą oddziaływać na siebie elektrostatycznie, dlatego między atomem tlenu jednej cząsteczki wody, a atomem wodoru innej cząsteczki wody tworzy się wiązanie wodorowe. Wiązania wodorowe powstają, gdy atom wodoru leży pomiędzy dwoma silnie elektroujemnymi atomami. Cząsteczki H_2O mogą łączyć się ze sobą za pomocą wiązań wodorowych w dimery, polimery, asocjaty (zespoły cząsteczek).
Budowa cząsteczki wody oraz obecność wiązań wodorowych między jej cząsteczkami jest główną przyczyną wyjątkowych i anomalnych jej właściwości, np. :

- zmiana gęstości podczas topnienia/krzepnięcia,
- maksimum gęstości w temperaturze 4 °C,
- wysokie temperatury wrzenia i topnienia,
- duże ciepło właściwe oraz ciepło parowania,
- duża wartość napięcia powierzchniowego,
- zdolność do adhezji i kohezji.

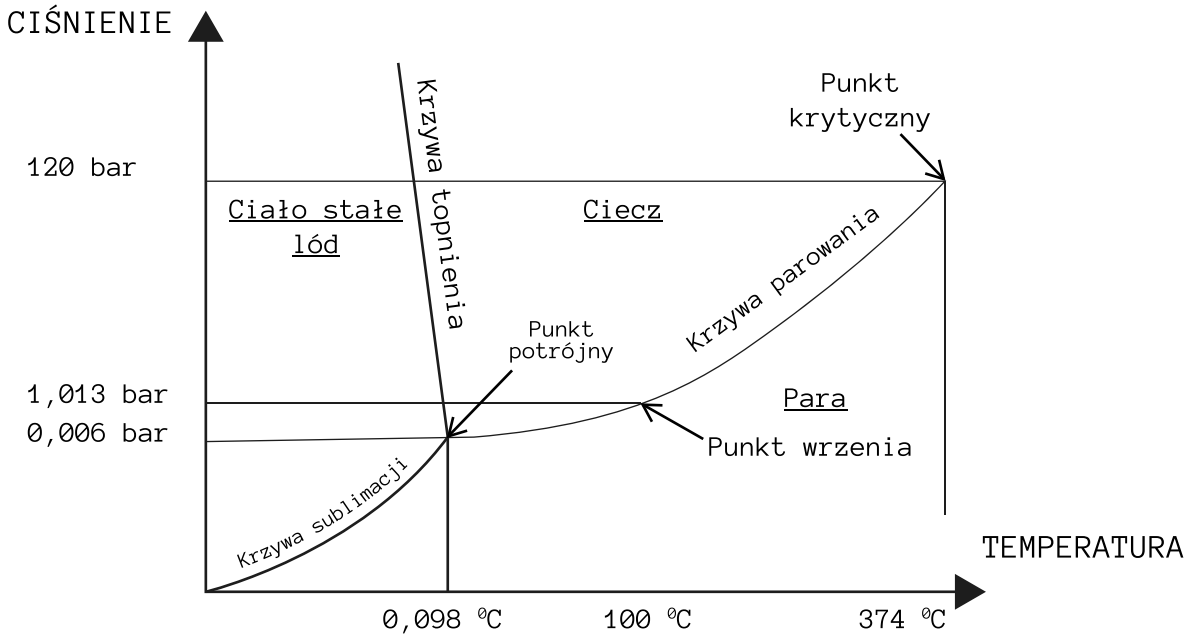
Tłumaczenie tych zjawisk dogodnie jest rozpocząć od wyjaśnienia różnic w rozmieszczeniu w przestrzeni cząsteczek wody w cieczy (stanie ciekłym) i lodzie (stanie stałym) oraz od omówienia przemian fazowych wody. Ułożenie cząsteczek w wodzie ciekłej i lodzie pokazano na poniższym rysunku (Rys. 2).

a. b. c.



Rys. 2. Ułożenie cząsteczek a) w ciekłej wodzie, b) w lodzie i c) jedna ze struktur lodu: heksagonalna odmiana lodu I_h.
http://mubirupepu.blogspot.com/2017/04/structure-of-water-and-ice.html
Maurice de Koning, Chem. Phys. 153, 110902 (2020); https://doi.org/10.1063/5.0019067

Jak widać w ciekłej wodzie układ wiązań wodorowych jest przypadkowy i może się zmieniać w czasie, dlatego cząsteczki H_2O są gęściej upakowane w wodzie w stanie ciekłym niż w stanie stałym.
Woda występuje w trzech stanach skupienia (fazach). Przechodzenie z jednej fazy do drugiej następuje w określony sposób w procesie zwanym przemianą fazową lub przejściem fazowym. Temperaturę, w której zachodzi dana przemiana nazywa się temperaturą przejścia fazowego przy danym ciśnieniu. Przemiana fazowa może nastąpić pod wpływem zmian temperatury i/lub ciśnienia (patrz Rys. 3).



Rys. 3. Diagram fazowy wody.
https://zasoby1.open.agh.edu.pl/dydaktyka/chemia/a_e_chemia/2_stany_skupienia/05_03_00.htm

Punkt potrójny dla wody osiągany jest w temperaturze 0,0098 °C przy ciśnieniu 612 Pa. Punkt ten odpowiada współistnieniu wszystkich trzech faz w stanie równowagi: ciała stałego, cieczy i gazu. Temperatura topnienia lodu pod ciśnieniem 1013,25 hPa (1 atm.) wynosi 0 °C, a temperatura wrzenia wody w tych warunkach 100 °C. Lód ma mniejszą gęstość (większą objętość) niż woda, dlatego pływa po powierzchni wody i może rozsadzać naczynia, w których powstaje. W zimie w trakcie zamarzania wody w szczelinach dróg powstający lód niszczy asfalt. Zwiększanie objętości wody podczas krzepnięcia jest nietypowym zachowaniem w stosunku do innych substancji, które podczas krzepnięcia zmniejszają swoją objętość. Zmniejszanie objętości podczas topnienia lodu wynika z jego specyficznej, luźnej oraz sztywnej struktury krystalicznej, powstającej dzięki tworzeniu się wiązań wodorowych. Podczas topnienia lodu następuje zrywanie wiązań wodorowych, charakterystycznych dla struktury lodu. Uwolnione ze struktury krystalicznej lodu cząsteczki wody, zapełniają puste przestrzenie (Rys. 2.), dążąc do jak najgęstszego upakowania i powodując tym samym zmniejszenie objętości. W zimnej wodzie (nieco powyżej 0°C pod ciśnieniem 1 atm.) obecne są resztki "tuneli", które ulegają rozpadowi w miarę wzrostu temperatury ze względu na fakt, że w wodzie o temperaturze 0°C nie wszystkie wiązania wodorowe zostały zerwane. Podczas ogrzewania wody do temperatury 4 °C, jej gęstość wzrasta. W temperaturze 4 °C gęstość osiąga największą wartość (w przybliżeniu 1 g/cm^3), a w miarę dalszego ogrzewania woda zachowuje się już jak normalne ciecze, czyli zwiększa swoją objętość wraz ze wzrostem temperatury; a jej gęstość maleje.

Wiązania wodorowe występujące pomiędzy cząsteczkami wody powodują, że pomimo stosunkowo małej masy cząsteczkowej (18 u), woda ma wysoką temperaturę wrzenia. Aby przeprowadzić ciekłą wodę w stan pary należy dostarczyć dużo energii na sposób ciepła gdyż należy pokonać te oddziaływania wodorowe (zerwać wiązania wodorowe, zanim zacznie wrzeć). Dla porównania, siarkowodór H_2S ma temperaturę wrzenia −62 °C.

Wiązania wodorowe są też odpowiedzialne za zjawisko zwane napięciem powierzchniowym. Napięcie to wynika z różnicy sił działających na cząsteczki wody pod i nad powierzchnią cieczy. Ponieważ siły te są większe wewnątrz cieczy, cząsteczki powierzchniowe są „wciągane” do wnętrza tak aby zminimalizować powierzchnię, na której tworzy się zwarta błona. Z tego też powodu spadająca kropla wody przyjmuje kształt kulisty, wykazujący najmniejszą powierzchnię przy danej objętości. Duże napięcie powierzchniowe wody umożliwia małym owadom poruszanie się po powierzchni wody lub unoszenie małych przedmiotów (np. żyletka, spinacz) na jej powierzchni.

Woda ma również zdolność do kohezji i adhezji. Kohezja polega na wzajemnym przyciąganiu się dipolowych cząsteczek wody i utrzymywaniu ich spójnie dzięki obecności wiązań wodorowych. To właśnie siły kohezji są odpowiedzialne między innymi za napięcie powierzchniowe. Adhezję wody najlepiej wyjaśnić jako zdolność wody do przylegania do innych powierzchni poprzez tworzenie słabych oddziaływań powierzchniowych. Właściwości kohezyjne i adhezyjne wody odpowiedzialne są za jej transport, jak i transport składników odżywczych w roślinach wbrew sile grawitacji.

Woda ma również wyjątkowo dużą wartość ciepła parowania, czyli ciepła jakie należy dostarczyć, aby przeprowadzić 1 mol (18 g) wody w parę wodną. Parowanie jest procesem endotermicznym. Ciepło parowania dla wody wynosi 41 kJ/mol.Organi-

zmy żywe wykorzystują wysokie ciepło parowania wody do pozbycia się nadmiaru ciepła, dlatego gdy jest nam zbyt gorąco pocimy się. Woda ma również dużą pojemność cieplną. Podniesienie temperatury określonej ilości wody o jeden stopień wymaga dostarczenia bardzo dużo energii, więc woda pomaga regulować dobowe wahania temperatury powietrza i wód (jest buforem termicznym) oraz może być stosowana do magazynowania energii cieplnej.

Ze względu na swoją polarność i zdolność do tworzenia wiązań wodorowych woda jest doskonałym rozpuszczalnikiem dla wielu substancji. Większość reakcji chemicznych ważnych dla życia zachodzi wewnątrz komórek w środowisku wodnym, a zdolność wody do rozpuszczania wielu substancji umożliwia ich transport do wnętrza komórek gdzie dalej ulegają reakcjom chemicznym. W wodzie dobrze rozpuszczają się substancje o podobnej budowie, czyli o budowie polarnej lub posiadające wiązania jonowe.

Powyżej przedstawiono, w sposób uproszczony, wybrane właściwości wody – substancji, bez której nie byłoby życia na Ziemi.

Inspiracje do pytań i artykułu:

1. J. Hetmańczyk, Różne spojrzenia na wodę. Woda i jej struktura molekularna w różnych stanach skupienia, Niedziałki 3 (2009) 54–63, wyd. Fundacja PRO CHEMIA, Kraków. ISSN 1425–8994.

2. P.W. Atkins, Chemia Fizyczna PWN, Warszawa 2003.

3. Przeczytaj – Zintegrowana Platforma Edukacyjna (zpe.gov.pl)

4. http://27.109.7.67:1111/econtent/water/hydrogen-bonding.php