

Kilka słów o pH

pH to ujemny logarytm ze stężenia jonów wodorowych. Brzmi strasznie. Ale spróbujemy ujarzmić to pojęcie.

Logarytm

Zajmijmy się najpierw logarytmem.

Logarytmy odkrył szkocki uczyony John Napier z Merchiston – w roku 1614 opublikował pracę, w której dokładnie je opisał.

Logarytm to pewna relacja pomiędzy liczbami. Zawsze dotyczy trzech liczb. Jedna z nich nazywa się podstawą logarytmu. Gdy podstawą jest liczba 10 to mówimy o logarytmach dziesiętnych. Gdy podstawą jest liczba 2,7182818 (tzw. liczba Eulera) to mówimy wtedy o logarytmach naturalnych. Gdy podstawą jest inna liczba – mówimy opisowo o „logarytmie o podstawie..” i tu podajemy liczbę.

Mamy już pierwszą liczbę – podstawę logarytmu. Kolejną liczbą jest potęga – tak jak w podnoszeniu liczby do potęgi np. 2^2 – tu potęgą jest 2. I jeszcze trzecia liczba. Liczba ta jest wynikiem potęgowania. Zapisuje się to w taki sposób:

$$\log_a b = c$$

a – podstawa logarytmu,

c – potęga, do której trzeba podnieść podstawę logarytmu, aby uzyskać liczbę b.

Na przykład:

$$\log_3 9 = 2, \text{ bo } 3^2 = 9 \quad \text{albo} \quad \log_2 16 = 4, \text{ bo } 2^4 = 16.$$

Innymi słowy to taka zgadywanka – do jakiej potęgi trzeba podnieść liczbę będącą podstawą logarytmu, żeby otrzymać liczbę, która jest napisana zaraz za symbolem log i podstawą logarytmu.

Logarytmy dziesiętne i naturalne są w pewien sposób uprzywilejowane, dlatego mają inne oznaczenia. Dla logarytmu dziesiętnego jest to lg, a dla logarytmu naturalnego jest to ln. Wtedy nie piszemy już podstawy logarytmu:

$$\lg 100 = 2, \text{ bo } 10^2 = 100.$$

Do czego służą logarytmy?

Logarytmy wymyślono z jakiegoś konkretnego powodu. Nie po to, aby zatruwać życie uczniom, ale po to aby ułatwić życie naukowcom. Dzięki swoim właściwościom logarytmy umożliwiają szybkie działania na liczbach, zwłaszcza tych dużych lub mających wiele miejsc po przecinku. W czasach, kiedy nie było kalkulatorów ani komputerów, tablice logarytmiczne i suwak logarytmiczny były podstawowymi narzędziami naukowców i inżynierów. Obecnie logarytmy nadal mają szerokie zastosowanie, mimo że liczy się je już łatwiej.

Jednym z zastosowań jest skala logarytmiczna, czyli skala odnosząca się do logarytmu dziesiętnego. W takiej skali poszczególne wartości różnią się od siebie nie o stałą wartość (np. o jeden), ale o rząd wielkości. Gdy w skali liniowej mamy np. 1, 2, 3... to w skali logarytmicznej mamy 1, 10, 100...

Skala logarytmiczna ma zastosowanie do opisu zjawisk, których intensywność lub liczebność rośnie w gwałtowny sposób i trudno by było sporządzić wykres na którym jedna wartość wynosi 1, a druga 2000. Słynna skala Richtera – określająca siłę trzęsień ziemi jest skalą logarytmiczną. Podobnie skala wielkości gwiazdowych czy skala decybelowa do określania wielkości akustycznych. Również skala pH jest skalą logarytmiczną.

Jony wodorowe

Rozprawiliśmy się już z logarytmem. Pozostało jeszcze stężenie jonów wodorowych.

Jony wodorowe to nic innego jak protony. A proton to jedna z trzech podstawowych cząstek elementarnych tworzących atomy. Wodór ma najprostsze atomy spośród wszystkich pierwiastków. Atom wodoru to proton i elektron. Proton ma dodatni ładunek elektryczny, a elektron – ujemny. Plus i minus dają zero. Czyli atom jest elektrycznie obojętny. Ale gdy z atomu wodoru zabierzemy elektron – zostanie sam proton, o dodatnim ładunku. I to jest właśnie jon wodorowy H^+ . Tak naprawdę, jony wodorowe występują tylko w kosmosie oraz w zjonizowanych gazach. W cieczach jony wodorowe czują się bardzo malutkie i samotne i dlatego szukają większych przyjaciół, na przykład cząsteczek wody H_2O . Cząsteczki wody „otulają” małe biedne protonki tworząc jon hydroniowy H_3O^+ a nawet jeszcze dziwniejsze np. $H_5O_2^+$ czy nawet $H_9O_4^+$. Takie otaczanie substancji przez wodę czy inny rozpuszczalnik nazywa się solwatacją. Protony są więc solwatowane przez cząsteczki wody.

Czyli skala pH dotyczy tak naprawdę ilości jonów hydroniowych. A dokładniej mówiąc – skala pH to miara aktywności tych jonów, a nie miara ich zawartości w danej cieczy. Pamiętajmy, że skala pH nie ma żadnych jednostek. Nie podaje się jej w molach czy w procentach. Po prostu pisze się samą liczbę. Dlatego jest to miara aktywności – tak jak skala Richtera jest miarą wielkości trzęsienia ziemi.

A skąd w ogóle to zainteresowanie jonami wodorowymi czy też hydroniowymi i dlaczego one są wyróżnione w skali pH? Woda jest najbardziej rozpowszechnionym w przyrodzie rozpuszczalnikiem i prawie wszystkie znane reakcje chemiczne zachodzą w wodzie.

Skalę pH wprowadził duński naukowiec Sorensen w 1909 roku. Wtedy jeszcze nie wiedziano, że jony wodorowe nie występują w wodzie i uważano, że woda dysocjuje, czyli rozpada się na jony wodorowe i hydroksylowe:



Z czasem okazało się, że woda jednak dysocjuje nieco inaczej:



Ale nie miało to większego wpływu na skalę pH.

Stężenie

No dobrze. Gdzie to stężenie? I jakie to stężenie? Oczywiście chodzi o to, aby policzyć ile tych jonów wodorowych jest w danym roztworze. A żeby coś policzyć, to posługujemy się molem. Bo mol to jednostka liczności. Może być mol cząsteczek, mol ziaren piasku a nawet mol gwiazd. Mol to strasznie dużo. Dlatego stosuje się go do liczenia mieszkańców mikroświata – jonów, atomów czy cząsteczek.

Mamy już stężenie, mamy logarytm i mamy jony wodorowe. Obliczmy zatem, ile jest jonów wodorowych w czystej wodzie.

W wodzie cały czas dochodzi do odwracalnego procesu rozpadu (dysocjacji) cząsteczek wody na jony i ponownego łączenia się jonów w cząsteczki. Oczywiście, ogólny bilans ładunków jest zerowy, w przeciwnym razie gdyby proces dysocjacji był nieodwracalny to gdybyśmy wsadzili do wody palec to poraziłby nas ładunek elektryczny. I to potężny.

Inna rzecz, że proces dysocjacji nie jest specjalnie lubiany przez cząsteczki wody, no bo kto się lubi rozpadać? Obliczono, że stężenie jonów wodorowych w wodzie o temperaturze pokojowej wynosi 10^{-7} mol/dm³, czyli dysocjacji ulega jedna na dziesięć milionów cząsteczek wody. To bardzo mało. Z tego powodu woda jest kiepskim przewodnikiem prądu, bo mało w niej jonów – nośników potencjału. Hoła, hoła – ktoś powie. Woda jest kiepskim przewodnikiem prądu? Całe życie nas uczą, że nie należy się kąpać z suszarką w ręce. I dobrze uczą. Pamiętajmy jednak, że czysta, chemicznie czysta woda występuje tylko w teorii. Woda, której używamy na codzień jest tak naprawdę roztworem zawierającym rozpuszczone gazy z powietrza, sole mineralne z rur kanalizacyjnych czy sól z naszej skóry – jeśli już wspominamy o kąpielach. Taki „kompot” lepiej przewodzi prąd niż chemicznie czysta woda. A pojęcie pH dotyczy tej chemicznie czystej wody.

Mamy więc stężenie jonów wodorowych o wartości 10^{-7} . Obliczmy logarytm dziesiętny.

$$\lg 10^{-7} = \lg 0,0000001 = -7.$$

Minus siedem. Trochę głupio wyglądają takie ujemne wartości. Ale gdy damy przed tym jeszcze minus, a minus z minusem dają nam plus to wyjdzie 7. I taka siódemka już ładnie wygląda. Dlatego jest to ujemny logarytm.

Ot, i cała tajemnica pH. Wynika z tego, że zwykła woda ma wartość pH=7, czyli, że stężenie jonów wodorowych wynosi 10^{-7} mola/dm³ (a tak naprawdę – że aktywność jonów hydroniowych tyle wynosi, ale o tym wiedzą tylko chemicy).

A jeśli dodamy trochę kwasu do wody, to co się stanie? Zapewne wartość pH wzrośnie, no bo dodaliśmy kwasu, a kwas to mnóstwo jonów wodorowych. Sprawdźmy to.

Mieliśmy w jednym litrze czystej wody 0,0000001 mola jonów wodorowych. Dodaliśmy trochę kwasu – założmy, że teraz jest więcej jonów wodorowych – na przykład 0,00002 mola/dm³.

Ile wyniesie wartość pH?

$$\log 0,00002 = -4,7.$$

Zamieńmy jeszcze tylko minus na plus i mamy 4,7. Coś tu jest bez sensu. Dlaczego wartość pH zmalała z 7 do 4,7, mimo że jonów wodorowych jest znacznie więcej? To jest konsekwencja ujemnego logarytmu, czyli odwrotności logarytmu. Dlatego im niższa wartość pH tym więcej jest jonów

wodorowych w roztworze. Intuicyjnie to trochę bez sensu, ale tak już jest. Pamiętajmy, że silne kwasy mają pH=1 a silne zasady pH=14. I to by było na tyle.

Chcesz wykorzystać ten artykuł? Podaj źródło: www.orokepal.pl