

Naukowcy zbliżyli do siebie jednoimiennie naładowane cząstki

14 lutego 2023

Jednoimiennie naładowane cząsteczki niechętnie reagują ze sobą, ponieważ odpychają się elektrostatycznie. Jednak naukowcy odkryli, w jaki sposób zbliżyć je do siebie. Nowa metoda może przyspieszyć przebieg reakcji nawet 5 milionów razy – poinformował Instytut Chemii Fizycznej PAN.

Dzięki badaniom międzynarodowego zespołu z udziałem Polaków, tempo reakcji chemicznych w roztworach wodnych może być kontrolowane w nowy sposób. Do roztworu wystarczy dodać cząstki o przeciwnym ładunku, które sprawią, że odpychające się do tej pory reagenty, zbliżają się do siebie. Użycie molekuł o dużej gęstości ładunku powierzchniowego może przyspieszyć przebieg reakcji nawet 5 milionów razy. Wyniki opisał w „Nature Communications” zespół prof. Roberta Hołysta z Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk.

Jak wyjaśnia naukowiec cytowany w komunikacie, synteza nowych związków lub produkcja materiałów jest niebywale złożona na poziomie molekularnym. Dwie cząsteczki, które mają podobne ładunki, odpychają się od siebie, przez co rzadko reagują ze sobą. Taka reakcja może trwać kilka dni, tygodni, a nawet dłużej. Jednak czas ten można drastycznie skrócić, stosując odpowiednie warunki lub dodając różne związki chemiczne. Przykładem mogą być katalizatory zarówno te naturalne jak np. enzymy lub syntetyczne nanozymy, które naśladują naturalne katalizatory, czy też szeroko stosowane w przemyśle katalizatory opierające się na metalach. Bez względu na rodzaj katalizatora, każdy z nich przyspiesza jedynie wybrane reakcje chemiczne.

Przyspieszenie szybkości reakcji między dwiema podobnie naładowanymi biologicznie aktywnymi cząsteczkami zależy nie tylko od wielkości ładunku, ale także jego rozłożenia w danym roztworze wodnym – wykazał zespół złożony z naukowców z IChF PAN, Uniwersytetu w Zurychu, Uniwersytetu im. Radbouda w Nijmegen, Uniwersytetu Lancastera, Uniwersytetu Oksfordzkiego i Uniwersytetu Warszawskiego kierowany przez prof. Roberta Hołysta. Badania dotyczyły reakcji pomiędzy ujemnie naładowanymi cząsteczkami koenzymu A w środowisku wodnym. Cząsteczki te wzajemnie się odpychają.

Choć cząsteczki koenzymu A oddziałują ze sobą, to ich interakcje są znacznie wolniejsze w wodzie w porównaniu z rozpuszczalnikami organicznymi. Naukowcy zbadali wpływ dodatku związków o przeciwnym ładunku na przyspieszenie reakcji. Co więcej, sprawdzono wpływ cząsteczek o różnych rozmiarach i różnej wielkości ładunku, takich jak jony, cząsteczki amfifilowe, monomery, oligomery, polimery, a nawet micelle.

Uzyskano, jak podkreśla komunikat, „oszałamiające wyniki”. Szybkość reakcji wzrosła o 5 milionów razy, gdy do układu wprowadzono odpowiednio dodatnio naładowane micelle. Monomery, oligomery i polimery przyspieszyły reakcję 103-105-krotnie, podczas gdy jony lub cząsteczki amfifilowe „zaledwie” około tysiąca razy. „Chcieliśmy sprawdzić, czy zwiększenie szybkości reakcji przez cząsteczki przeciwnie naładowane można wyjaśnić teoretycznie, opierając się o katalizę elektrostatyczną. Nasz artykuł pokazuje, że szybkości reakcji można zmieniać nawet o kilka rzędów wielkości poprzez dobór ilości i rozkład przestrzenny ładunku elektrycznego katalizatora” – wyjaśnia Adam Kowalski, pierwszy autor artykułu.

Ekspozycja koenzymu A (CoA) lub podstawionego metylomaleimidem koenzymu A (CoA-M) na związki o przeciwnych ładunkach zaburza odpychanie między ujemnie naładowanymi cząsteczkami CoA i CoA-M. W określonych warunkach ujemnie naładowane cząsteczki o określonych stężeniach zbliżają się do siebie. Dodany związek ekranuje siły odpychania cząsteczek, czyniąc ten proces

szczególnym przypadkiem katalizy.

Naukowcy przetestowali również omawiany fenomen na przykładzie hybrydyzacji DNA, która jest procesem wrażliwym na obecność jonów. Proces ten wybrano, aby ustalić, czy zaproponowany efekt działa w przypadku bardziej złożonych reakcji. Okazało się, że również tutaj dodatnio naładowane związki przyspieszają znacząco szybkość hybrydyzacji. „Przyspieszyliśmy reakcję chemiczną w wodzie aż 5 milionów razy, stosując nietypowe, ale proste podejście, dodając dodatnio naładowane surfaktanty (czyli w uproszczeniu mydło). Zjawisko to zostało zaprezentowane zarówno dla reakcji kowalencyjnej między dwiema koenzymami A, jak i niekowalencyjnej – tworzenia się dupletu DNA” – stwierdza współautor pracy dr inż. Grzegorz Bubak.

Naukowiec zachęca wszystkich chemików, aby spróbowali przyspieszać wolne reakcje pomiędzy jednoimiennie naładowanymi substratami, stosując opisane tu podejście. Zapewnia, że badania te mogą umożliwić efektywne przeprowadzanie niektórych reakcji w wodzie z zastosowaniem surfaktantów, zamiast – jak dotychczas – rozpuszczalników organicznych.

Zastosowane micelle chlorku cetrymonium (CTAC), chlorku benzetoniowego (BTC) i chlorku cetylopirydyniowego (CPC) są znacznie większe niż inne użyte związki o dużym ładunku. Co więcej, ich ładunek powierzchniowy stanowi „miejsce spotkań” dla innych cząsteczek (przeciwnie naładowanych). Efekt ten obserwuje się zarówno w reakcjach chemicznych, jak i dimeryzacji DNA, gdy reagenty to ujemnie naładowane cząsteczki. Przedstawione przez naukowców wyniki eksperymentów dowodzą, że wzrost szybkości reakcji koreluje bezpośrednio z ładunkiem powierzchniowym katalizatora w układzie. W związku z tym kontrola rozkładu ładunków umożliwia obserwację kinetyki określonych procesów. „Na podstawie wyników eksperymentalnych powstał model teoretyczny, którego istotą są oddziaływania elektrostatyczne pomiędzy reagentami a katalizatorem. Jesteśmy przekonani, że nasz model sprawdzi się także w innych

reakcjach” – dodaje dr Paweł Żuk, kolejny współautor badań.

Odkrycie przybliży chemików do zastosowania badań w praktyce do detekcji określonych jonów w bardzo rozcieńczonych roztworach lub interakcjach między poszczególnymi cząsteczkami.

Autorstwo: PAP

Na podstawie: Ichf.edu.pl

Źródło: NaukawPolsce.pl