

Powszechnie wiadomo, że woda z olejem nie miesza się. Okazuje się jednak, że kiedy woda znajdzie się w kontakcie z olejem, substancje w niej rozpuszczone mogą przechodzić do oleju, a substancje rozpuszczone w oleju mogą przechodzić do wody. W przyrodzie taki transport substancji pomiędzy niemieszalnymi cieczami zachodzi w wielu ważnych procesach biologicznych, np. podczas fotosyntezy u roślin lub podczas przechodzenia substancji odżywczych przez błony komórkowe u zwierząt. Stosuje się go również w przemyśle chemicznym, na przykład do oczyszczania substancji, które najpierw powstają w jednej cieczy, a następnie przechodzą do drugiej jako czyste produkty.

To, ile substancji przejdzie z jednej cieczy do drugiej zależy od tzw. energii przejścia tej substancji. Energia przejścia jest miarą tego, ile energii trzeba dostarczyć substancji, aby przeszła ona z jednej cieczy do drugiej. Jej wartość zależy od struktury substancji w obu cieczach, tego jak bardzo jest ona hydrofilowa („lubi ca” wodę) lub hydrofobowa („lubi ca” olej) oraz od właściwości samej cieczy. Jeżeli przechodząca substancja jest jonem, czyli cząsteczką posiadającą ładunek elektryczny, wówczas energia przejścia zależy dodatkowo od różnicy potencjałów elektrycznych pomiędzy cieczami. Różnicę potencjałów można sterować z zewnątrz, na przykład poprzez umieszczenie w każdej cieczy elektrod, a następnie przyłożenie do nich napięcia elektrycznego. Tego typu reakcje, w których zachodzi transport cząsteczek pod wpływem kontrolowanego elektrochemicznego potencjału, są właśnie reakcjami, które chcemy badać w niniejszym projekcie.

W wielu przypadkach szybkość reakcji chemicznych zależy od tego, jak szybko substraty reakcji docierają do miejsca, w którym ta reakcja zachodzi. Przykładowo, w nieruchomym roztworze substraty poruszają się na drodze dyfuzji, która z natury jest bardzo powolnym procesem, co zresztą znakomicie widać na przykładzie „rozprzestrzeniającej się” kropli atramentu w wodzie. W celu przyspieszenia dyfuzji, można wprowadzić tzw. kontrolę hydrodynamiczną procesu, czyli po prostu wprawić roztwór w ruch, na przykład poprzez mieszanie. W naszym projekcie chcemy zastosować kontrolę hydrodynamiczną do badanych procesów poprzez prowadzenie ich w układach mikroprzepływowych, czyli w takich, w których ciecz będzie płynęła przez układy mikrokanalików. Jedną z przyczyn, dla których stosujemy układy mikroprzepływowe, jest to, że nie wymagają one dużych ilości reagentów, które zazwyczaj są bardzo drogie. Drugą przyczyną jest to, że do obsługi układów mikroprzepływowych stosujemy specjalne pompy sterowane komputerowo, co umożliwia nam precyzyjne kontrolowanie przepływu cieczy w kanalikach.

Nowatorskim sposobem na prowadzenie reakcji w warunkach kontroli hydrodynamicznej jest również zastosowanie tzw. zjawiska elektrozwilania na dielektrykach (ang. EWOD). Zjawisko to polega na zmianie napięcia powierzchniowego pomiędzy cieczami (co w efekcie zmienia kształt granicy faz ciecz–ciecz) w wyniku przyłożenia napięcia do elektrod umieszczonych w każdej z cieczy. W metodzie tej ważne jest, aby elektrody były pokryte warstwą dielektryka uniemożliwiającego przepływ prądu. W przypadku kropli oleju umieszczonej na dnie naczynia wypełnionego wodą, przyłożenie napięcia zmiennego może spowodować, że kropla zacznie drgać, tym samym powodując ruch cieczy wewnątrz kropli.

Używając układów mikroprzepływowych oraz tych opartych na EWOD, będziemy chcieli poznać i zrozumieć wpływ warunków hydrodynamicznych na reakcje zachodzące na granicy dwóch niemieszalnych cieczy. Sprawdzimy również czy i jak możemy wykorzystać warunki hydrodynamiczne do kontrolowania powyższych reakcji. Przykładowo, czy możemy zwikszywać szybkość reakcji enzymatycznych lub obniżyć limit detekcji czujników jonoselektywnych?

Jednym ze sposobów, aby kontrolować procesy przechodzenia jonów z jednej cieczy do drugiej, jest zastosowanie substancji, które „pomagają” jonom przekraczać granicę faz. Takimi substancjami są jonofory, których cząsteczki posiadają zdolność selektywnego wiązania określonych jonów. Takie „wspomagane” przechodzenie jonów zostało dobrze poznane w warunkach statycznych, jednak nie wiadomo jak ten proces będzie zachodził w warunkach hydrodynamicznych. Jonofory są ponadto bardzo drogie, stąd korzystne byłoby ich zregenerowanie i ponowne użycie. Pojawia się tylko pytanie, czy jest to w ogóle możliwe. Odpowiedzi poszukamy w naszym projekcie.

Podsumowując, niniejszy projekt dotyczy reakcji zachodzących na granicy dwóch niemieszalnych cieczy w układach przepływowych i ma na celu poznanie i zrozumienie sposobów, w jakich możemy te reakcje kontrolować.