

Kontrola mechanizmów reakcji-dyfuzji w zaawansowanych samoorganizujących się strukturach: okresowa precypitacja i chemiczne ogrody

Streszczenie popularnonaukowe

Niezwykła zdolność natury do tworzenia skomplikowanych struktur, takich jak pierścienie Lieseganga w minerałach czy formacje spotykane przy hydrotermalnych kominach oceanicznych, stanowi fascynujące źródło inspiracji dla naukowców. Zjawiska te często wynikają z procesów, w których reakcje chemiczne i transport materiałów łączą się, tworząc złożone wzory i struktury. Proponowany projekt ma na celu odtworzenie tych procesów z wykorzystaniem systemów reakcji-dyfuzji (RD), które łączą reakcje chemiczne z kontrolowaną dyfuzją składników. Wykorzystując te mechanizmy, badania mają na celu poznanie procesów samoorganizacji zaawansowanych struktur, takich jak hierarchiczne wzory 2D oraz architektury tubularne, które mogą zrewolucjonizować różnorodne zastosowania w nauce i technologii.

Proponowane badania koncentrują się na dwóch głównych podejściach do procesów RD: okresowym strącaniu i ogrodach chemicznych. Okresowe strącanie naśladuje naturalne powstawanie pierścieni Lieseganga, gdzie w wyniku dyfuzji substancji chemicznych w medium, takim jak żel, powstają regularnie rozmieszczone warstwy lub pasma. Pierścienie te są uderzającym przykładem naturalnej formacji wzorów, gdzie reagenty spotykają się, przekraczają próg nasycenia i strącają się w regularnych odstępach. Poprzez precyzyjną kontrolę takich czynników jak temperatura, stężenie czy porowatość medium, projekt ma na celu kontrolowanie rozmiaru, rozmieszczenia i organizacji tych wzorów w celu stworzenia funkcjonalnych materiałów o pożądanych właściwościach.

Ogrody chemiczne to klasyczny eksperyment, często demonstrowany choćby w czasie licealnego kursu chemii. W standardowym przykładzie, gdy sól metalu, taka jak chlorek kobaltu, zostaje dodana do roztworu krzemianu sodu, rozpuszcza się i reaguje, tworząc nierozpuszczalny krzemian kobaltu, który działa jak półprzepuszczalna membrana. Wyższa siła jonowa wewnątrz membrany niż w otaczającym roztworze powoduje wzrost ciśnienia osmotycznego, co ostatecznie prowadzi do jej rozerwania. Uwolnione jony kobaltu reagują z anionami krzemianowymi w miejscu rozerwania. Proces ten prowadzi do wzrostu kolorowych struktur przypominających rośliny, których barwa zależy od kationu metalu. Powstawanie takich struktur zostało zaobserwowane, odkryte i opisane przez Johanna Glaubera w dziele "*Furni Novi Philosophici*" w XVII wieku. W projekcie, wykorzystując procesy reakcji-dyfuzji, powstaną podobne puste struktury z zaawansowanych materiałów, takich jak struktury metalo-organiczne (MOFs). MOFy są niezwykle wszechstronnymi materiałami o wyjątkowej porowatości i funkcjonalności, co czyni je idealnymi do zastosowań, takich jak precyzyjne dostarczanie leków, magazynowanie gazów czy kataliza.

Jednym z najbardziej przełomowych aspektów tego projektu jest skoncentrowanie się na tworzeniu materiałów hybrydowych poprzez integrację wielu komponentów w jednym systemie RD. Takie podejście umożliwi rozwój wieloskładnikowych struktur (zarówno nanocząstek jak i MOFów) o unikalnych i zróżnicowanych funkcjonalnościach. Zaawansowane materiały opracowane w ten sposób mogą znaleźć zastosowanie w obszarach takich jak magazynowanie energii, monitorowanie środowiska czy procesy katalityczne, oferując rozwiązania dla globalnych wyzwań.

Projekt dąży do zmniejszenia luki między właściwościami materiałów w nanoskali a ich użytecznością w większej skali. Chcemy odpowiedzieć więc na pytanie, jak precyzyjnie kontrolować te procesy, aby metody opracowane w ramach projektu były skalowalne i powtarzalne w rzeczywistych zastosowaniach. Biomimetyczny charakter badań, czerpiący bezpośrednio z procesów naturalnych, dodaje kolejny wymiar innowacyjności, przybliżając nas do stworzenia dynamicznych materiałów o charakterystykach częściowo przypominających układy żywej materii.

Badania te pogłębiają naszą wiedzę na temat formowania naturalnych wzorów i struktur oraz wykorzystują tę wiedzę do opracowania funkcjonalnych materiałów. Łącząc piękno procesów naturalnych z najnowszymi technologiami, projekt ma na celu przyspieszenie postępu w nanotechnologii i nauce o materiałach.