

Samoorganizujące się ciecze jonowe to niezwykle klasa materiałów, które mogą spontanicznie przechodzić między dwoma odmiennymi stanami ciekłymi, pozostając jednocześnie tą samą substancją. Ich starannie zaprojektowana architektura molekularna umożliwia rzadkie i fascynujące zjawisko zwane przejściem ciec-ciecz (LLT). W przeciwieństwie do prostych przemian fazowych, takich jak topnienie czy parowanie, LLT to fundamentalna zmiana w sposobie organizacji cieczy na poziomie nanoskali – powstają dwie wersje tej samej cieczy o dramatycznie różnych właściwościach. Niedawno naukowcy dokonali przełomowego odkrycia: niektóre ciecze jonowe, sole pozostające cieczami w niezwykle niskich temperaturach, oparte na fosfoniowych kationach wykazują to niezwykle zachowanie. Ich wyjątkowość polega na zdolności do samorzutnego tworzenia skomplikowanych nanostruktur, w których naładowane i nienaładowane obszary organizują się niczym molekularna mozaika. Ta ukryta złożoność, niewidoczna gołym okiem, ma ogromny potencjał w projektowaniu nowej generacji inteligentnych materiałów, które mogą zrewolucjonizować technologie energetyczne i nie tylko.

Celem tego projektu jest rozszyfrowanie mechanizmu, w jaki sposób i dlaczego dochodzi do przejść ciec-ciecz. Wykorzystując eksperymenty pod wysokim ciśnieniem (do 2 GPa) oraz techniki ultraszybkiego chłodzenia, zbadamy, jak ciecze jonowe reorganizują swoją strukturę molekularną w trakcie przejścia między stanami. Kluczowe pytanie brzmi: czy zmiana ta jest wyłącznie napędzana przez temperaturę i ciśnienie, czy też można ją kontrolować szybkością kompresji lub chłodzenia – niejako „zamrażając” ciecz w stanie pośrednim.

Znaczenie tego projektu wykracza daleko poza czystą ciekawość naukową. Dzisiejsze baterie i urządzenia do magazynowania energii opierają się na materiałach o stałych właściwościach. Jeśli uda nam się zaprojektować ciecze jonowe, które mogą odwracalnie zmieniać swoją przewodność lub lepkość, stworzymy „inteligentne nanoelektrolity” zdolne do adaptacji do zmieniających się warunków – zwiększając ich efektywność i bezpieczeństwo. Ponadto zrozumienie LLT może ujawnić nowe prawa fizyki dotyczące zachowania materiałów nieuporządkowanych w ekstremalnych warunkach, co może znaleźć zastosowanie np. w formułacjach farmaceutycznych.

Najbardziej ekscytujące rezultaty, których się spodziewamy, to ustalenie fundamentalnych „reguł projektowych” dla cieczy jonowych o przełączalnych właściwościach – zrozumienie, które cechy molekularne umożliwiają te przejścia i jak można je kontrolować. Oczekujemy również odkrycia nowych sposobów inicjowania LLT za pomocą ciśnienia lub uwięzienia w nanoskali. Co najważniejsze, rozwijamy nowe metody eksperymentalne, które umożliwią badanie tych zjawisk w szerokim zakresie materiałów, otwierając zupełnie nowe ścieżki badawcze. Dzięki połączeniu zaawansowanych eksperymentów i dedykowanych cieczy jonowych, ten projekt może otworzyć drogę do nowej generacji adaptacyjnych materiałów, w których ciecze nie tylko płyną – ale się transformują.