

Vědci objevili iontovou vodivost nezávislou na skupenství

19.12.2025 - Michal Janovský | Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

Mezinárodní tým vědců pod vedením Paula McGonigala z Oxfordu vytvořil novou rodinu organických materiálů, které vedou ionty stejně dobře v kapalném, kapalně krystalickém i pevném stavu. Objev zpochybňuje dlouhodobě přijímané omezení, že zmrznutí nebo krystalizace kapaliny nevyhnutelně zpomaluje pohyb iontů. Výsledky dnes zveřejnil prestižní magazín Science. Důležitou součástí vědeckého týmu byli Jiří Šturala a Michal Kohout z Vysoké školy chemicko-technologické v Praze.

Za normálních okolností při tuhnutí kapalin jejich molekuly „zamrznou“, což iontům výrazně ztěžuje pohyb a vede k prudkému poklesu iontové vodivosti. Nyní však vědci připravili novou třídu materiálů nazývaných elektrolyty nezávislé na skupenství (state-independent electrolytes, SIEs), které toto pravidlo boří.

Průlomového výsledku dosáhli návrhem nové třídy organických molekulárních iontů se specifickými fyzikálními a elektronovými vlastnostmi. Každá molekula má ploché, diskovitě tvarované jádro obklopené dlouhými ohebnými postranními řetězci – připomíná tak kolo s měkkými štetinami. Kladný náboj je díky pohybu elektronů rovnoměrně rozprostřen po celé molekule, což brání tomu, aby se příliš pevně vážala na svého záporně nabitého partnera. To umožňuje záporným iontům volně se pohybovat a „proudit“ podél postranních řetězců (těchto „měkkých štetin“).

V pevném stavu se pak tyto organické ionty přirozeně skládají jeden na druhý a vytvářejí dlouhé tuhé sloupce obklopené množstvím ohebných „ramen“ – podobně jako statické válce v automyčce (viz schéma). Přestože tak vzniká uspořádaná struktura, pružné postranní řetězce stále vytvářejí dostatek volného prostoru, aby se záporné ionty mohly pohybovat stejně volně jako v kapalině.

Výsledkem je dynamická uspořádaná struktura, která umožňuje záporně nabitým iontům procházet materiálem stejně snadno v pevném stavu jako v kapalně formě, bez prudkého poklesu iontové vodivosti.

„Navrhli jsme naše materiály v naději, že se ionty budou v této pružné, samouspořádané síti pohybovat zajímavým způsobem. Když jsme je otestovali, byli jsme ohromeni tím, že jejich chování zůstává stejné v kapalně, kapalně krystalické i pevné fázi. Byl to skutečně mimořádný výsledek – a potěšilo nás, že se jej podařilo zopakovat i pro několik různých typů iontů,“ říká hlavní autor studie, profesor Paul McGonigal z Oxfordské univerzity.

Objev by mohl vést k novým třídám ohebných a bezpečných pevných elektrolytů, které lze potenciálně uplatnit v bateriích, senzorech a elektrochromních zařízeních. Kromě vědců z Oxfordské univerzity se na výzkumu podíleli zástupci univerzit v Durhamu, Yorku společně s kolegy z Portugalska, Německa a Vysoké školy chemicko-technologické v Praze.

„Před devíti lety jsem působil jako postdoktorand ve skupině profesora McGonigala a při studiu cyklických kationtů nás napadlo, že by se daly využít jako základ pro kapalně krystalické. Provedl jsem v té době několik pilotních experimentů a spojil se s Michalem Kohoutem z VŠCHT, který se studiem kapalných krystalů již delší dobu zabýval. Pak jsem skupinu opustil a vrátil se na VŠCHT, ale projekt na našich základech pokračoval,“ přibližuje začátek výzkumného procesu Jiří Šturala, aktuálně působící na Ústavu anorganické chemie.

„Bez nadšení a odhodlání výzkumníků z university v Durhamu, kde tehdy působil Paul McGonigal, bychom se dnes spolu nebavili. Náš první design totiž nebyl úspěšný a ani jedna z cílových látek nevykazovala požadované vlastnosti. Finální podoba molekul vznikla až v Německu, kde jsme cestou autobusem po prezentaci v jedné soutěži řešili s Jirkou a Paulem příčiny nefunkčního designu. Navrhnul jsem tehdy, abychom všechny substituenty na benzenovém kruhu umístili vedle sebe. Doufal jsem (na základě velmi primitivních výpočetních modelů jiných látek), že molekuly budou tvořit něco jako vějíře a budou se lépe skládat. Dnes už víme, že vějíře molekuly netvoří, ale právě díky této výhodné pozici substituentů („měkkých štětín“) do sebe krásně zapadají a vytváří perfektně organizovanou strukturu,“ doplňuje profesor Michal Kohout z Ústavu organické chemie.

Původní článek *State-Independent Ionic Conductivity* publikovaný v magazínu Science najdete ZDE.

<https://www.vscht.cz/novinky/118092>